



Universidade de Aveiro Departamento de Química
2018

**Diana Hernández
Gonçalves Leitão**

**Desenvolvimento de Novas Formulações de
Gelados**



**Diana Hernández
Gonçalves Leitão**

Desenvolvimento de Novas Formulações de Gelados

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Biotecnologia, realizada sob a orientação científica do Doutor Manuel António Coimbra, Professor Associado do Departamento de Química da Universidade de Aveiro e supervisão da Engenheira Cristina Fonseca, Diretora de Produção e Qualidade da Fabridoce – Doces Regionais, Lda.

*“Para ser grande, sê inteiro: nada
teu exagera ou exclui.
Sê todo em cada coisa. Põe quanto és
No mínimo que fazes. (...)”*

Ricardo Reis

o júri

Presidente

Prof. Doutor João Filipe Colardelle da Luz Mano

Professor Catedrático do Departamento de Química da Universidade de Aveiro

Vogais

Prof. Doutora Ivonne Delgadillo Giraldo

Professor Associado com Agregação do Departamento de Química da Universidade de Aveiro
(arguente)

Prof. Doutor Manuel António Coimbra Rodrigues da Silva

Professor Associado com Agregação do Departamento de Química da Universidade de Aveiro
(orientador)

agradecimentos

À minha mãe por todo o apoio incondicional durante o meu percurso académico, e pela criação em mim, desde cedo, do gosto por aprender e por superar desafios. Ao meu pai por ter feito de tudo para que eu nunca tivesse condicionalismos para fazer escolhas livremente.

Ao Professor Manuel Coimbra pela orientação de excelência que me proporcionou durante a dissertação, tendo-se sempre mostrado disponível para esclarecer as dúvidas que foram surgindo, acompanhando de perto o meu trabalho.

À Engenheira Cristina e à Engenheira Ana pelo acolhimento caloroso na Fabridoce e por todos os conhecimentos que me foram transmitindo, bem como pela confiança e autonomia que me concederam no decorrer do estágio.

Ao Engenheiro Rui e à Dona Estela por me terem concedido a oportunidade de efetuar esta dissertação em contexto empresarial na Fabridoce, bem como pelos desafios apresentados no âmbito da Inovação e Desenvolvimento de produto e ainda por me terem feito sentir parte integrante da equipa Fabridoce.

Aos colaboradores da Fabridoce pela simpatia, disponibilidade e ajuda durante todo o estágio curricular. Em particular à Gisela, à Samira, à Catarina, à Liliana, à Clarinda e à Sandra. Criaram um excelente ambiente a todos os níveis que permitiu uma integração rápida e sem percalços.

Um último agradecimento aos meus amigos de curso que contribuíram para que a minha experiência académica na Universidade de Aveiro fosse inesquecível. Ainda ao Bruno que, apesar da distância física durante a minha licenciatura e mestrado, nunca deixou de me apoiar incondicionalmente.

palavras-chave

Gelado, Agentes Adoçantes, Glicosídeos de Esteviol, Polióis, Sem adição de açúcares, Sem ingredientes de origem animal.

resumo

A presente dissertação de mestrado foi desenvolvida no âmbito do estágio curricular que decorreu na empresa Fabridoce – Doces Regionais Lda. O objetivo foi o desenvolvimento de formulações de gelados de valor acrescentado, nomeadamente: 1. gelados sem adição de açúcares ou que, pelo menos, fossem mais adequados para indivíduos diabéticos relativamente aos atuais da marca Gelados de Portugal; e 2. gelados sem quaisquer ingredientes de origem animal, que pudessem eventualmente enquadrar-se na categoria *vegan*.

Apresenta-se no capítulo 1 a entidade acolhedora e as atividades desenvolvidas em contexto empresarial, justificando-se a pertinência dos projetos de inovação e desenvolvimento atribuídos à dissertação.

No capítulo 2 encontra-se uma descrição sumária da bioquímica alimentar associada aos gelados, bem como das etapas na sua produção. É também salientada a importância de cada tipo de ingrediente para o desenvolvimento de formulações adequadas à comercialização. Para cada um dos objetivos da dissertação, é feito um levantamento da literatura relativamente às soluções existentes para o efeito, focando, na parte final, os vários motivos para a escolha dos ingredientes na fase experimental.

O capítulo 3 engloba todo o processo de desenvolvimento de novas formulações de gelados e no capítulo 4 constam as conclusões e perspetivas futuras. As várias experiências durante a fase de formulação são apresentadas de forma esquemática e fundamentada. As formulações consideradas satisfatórias foram submetidas a análise sensorial detalhada e ensaios de derretimento e, quando justificável, sujeitas a análise nutricional e microbiológica através de um serviço subcontratado. Para o primeiro objetivo foi possível desenvolver um gelado sem adição de açúcares, sensorialmente apelativo após produção, com resistência mediana ao derretimento e com várias alegações nutricionais aplicáveis. No entanto, este gelado desenvolveu arenosidade após cerca de 50 dias devido ao excesso de lactose. Concluiu-se que a formulação não estava equilibrada a nível do teor em lactose e que teria, por isso, de ser alterada. Relativamente ao objetivo 2 desenvolveram-se gelados sem ingredientes de origem animal usando *leite* de coco como fonte principal de gordura e água. Estes produtos foram considerados sensorialmente satisfatórios, mas pouco cremosos quando comparados com os restantes gelados da empresa. Para a sua concretização será necessário otimizar a cremosidade através do uso de outras fontes de gordura vegetais, com propriedades mais atrativas para o fabrico de gelados. A viabilidade dos desenvolvimentos alcançados foi avaliada criticamente usando uma escala de maturidade tecnológica (9 níveis) tendo sido atingido o nível 4 para o objetivo 1 e o nível 2 para o objetivo 2.

keywords

Ice Cream, Sweetening agents, Steviol Glycosides, Polyols, No sugar-added, Animal-derived ingredients free.

abstract

This Master's Thesis was developed within an internship that took place at the company Fabridoce – Doces Regionais Lda. It had as main goal to develop added-value ice cream formulations, in particular: 1. no sugar-added ice creams or at least more suitable for diabetics in comparison to the ones sold under the trademark Gelados de Portugal; and 2. ice creams without any animal-derived ingredients, eventually classifiable as *vegan*.

In the first chapter, the company where the internship took place and the activities developed are described, emphasizing the ones directly related to the thesis and justifying the relevance of each project of innovation set as goal.

In chapter 2, the ice cream is described from a food biochemistry point of view, including the discussion of the stages regarding ice cream production and the functionality of each ingredient as key for successful formulation development. Concerning each innovation project, the existing literature was reviewed regarding the existent solutions for achieving the goals, focusing the main reasons considered for the ingredients choice in the following experimental stage.

Chapter 3 encompasses all the formulations development process and chapter 4 contains the main conclusions and prospects. The several experiments done within the formulations development stage are schematized and all the steps during the reformulation stages are underpinned. The ice cream formulations considered satisfactory were further analysed through detailed sensory analysis and melting characteristics assessment, and when justifiable microbiological and nutritional characteristics were determined using an outsourced service. Regarding the objective 1, a no-sugar added ice cream with attractive sensory attributes after production, average melting resistance and several nutritional claims applicable was produced. However, this product developed sandiness after 50 days of storage due to excess lactose. It was concluded that the formulation developed was not properly balanced in terms of lactose concentration and so it had to be re-worked. Respecting the objective 2, ice creams based on coconut milk as both fat and water source were produced. Despite being satisfactory on a sensory level, they were less creamy than the other ice creams sold by the company. The creaminess had to be optimized to successfully accomplish the objective 2. This could be achieved through the usage of other vegetable fat sources with more attractive properties to ice cream production. Each innovation project was critically examined using a technological readiness scale (9 levels). Concerning the objectives 1 and 2, the levels 4 and 2 were achieved, respectively.

Índice

Índice de Siglas	iii
Índice de Figuras	v
Índice de Tabelas	vii
Capítulo 1 - Fabridoce	1
1.1 Apresentação da Entidade Acolhedora	1
1.2 Atividades desenvolvidas	2
Capítulo 2 – Contextualização teórica	5
2.1 O gelado	5
2.1.1 Definição e Composição	5
2.1.2 Produção do Gelado	6
2.1.3 Microestrutura e funcionalidade dos ingredientes do gelado	7
2.1.4 Equilíbrio de formulações em gelados, parâmetros de qualidade e defeitos ..	10
2.2 Formulações de gelados de valor acrescentado	12
2.2.1 Diminuição do teor em açúcar	12
2.2.1.1 Adoçantes nutritivos e não-nutritivos	13
2.2.1.2 Glicosídeos de Esteviol - adoçantes naturais	19
2.2.1.3 Sinergia: edulcorantes de elevado poder adoçante e agentes de volume	22
2.2.2 Utilização de ingredientes vegetais como alternativa a ingredientes animais ..	23
2.2.2.1 Gordura animal e vegetal em formulações de gelados	24
2.2.2.2 Aplicação de ingredientes de origem vegetal em gelados	25
2.3 Escolha de ingredientes	29
2.3.1 Gelados sem adição de açúcares	29
2.3.2 Gelados sem ingredientes de origem animal	34
Capítulo 3 – Desenvolvimento de Novas Formulações de Gelados	37
3.1 Materiais e Métodos	37
3.1.1 Materiais	37
3.1.2 Métodos	37
3.1.2.1 Produção do gelado	37
3.1.2.2 Medição da densidade da mistura	38
3.1.2.3 Estimativa do overrun	38
3.1.2.4 Análise sensorial preliminar	38
3.1.2.5 Resistência ao derretimento	39
3.1.2.6 Análise sensorial	39

3.2	Resultados e discussão	40
3.2.1	Gelados sem adição de açúcares	40
3.2.1.1	Testes preliminares.....	40
3.2.1.2	Propriedades mensuráveis do gelado	47
3.2.1.3	Resistência ao derretimento.....	49
3.2.1.4	Análise sensorial.....	50
3.2.1.5	Análises nutricionais e microbiológicas	55
3.2.1.6	Análise crítica do desenvolvimento do projeto.....	58
3.2.2	Gelados sem ingredientes de origem animal.....	60
3.2.2.1	Testes preliminares.....	60
3.2.2.2	Propriedades mensuráveis do gelado	65
3.2.2.3	Análise Sensorial	67
3.2.2.4	Análise crítica do desenvolvimento do projeto.....	68
Capítulo 4 – Conclusões e Perspetivas Futuras.....		71
Referências Bibliográficas		73
Anexo A		
Anexo B		

Índice de Siglas

ADI – *Advised Daily Intake* – Consumo diário recomendado

AOAC – *Association of Analytical Communities* – Associação das Comunidades Analíticas

ATC - *Auto Temperature Compensation* – Compensação automática de temperatura

FOS – Frutooligossacarídeos

FPD – *Freezing Point Depression* – Depressão Crioscópica

FPDF – *Freezing Point Depression Factor* - Fator de Depressão Crioscópica

HACCP – Hazard Analysis of Critical Control Points – Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controlo

I&D – Inovação e Desenvolvimento

IG – Índice Glicémico

JEFCA - *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives* - Comité Misto FAO/OMS de Peritos em Aditivos Alimentares

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

OMS – Organização Mundial da Saúde

PAC – Poder anticongelante

SE – *Sucrose Equivalent* – Equivalentes de Sacarose

SNGL – Sólidos Não Gordos do Leite

SPI – *Soy Protein Isolate* – Isolado de proteína de soja

TGI – Trato Gastrointestinal

TS – Total de Sólidos

TSS – Total de sólidos solúveis

TRL – *Technology Readiness Levels* – Níveis de Maturidade Tecnológica

°Bx – Grau Brix

Índice de Figuras

Figura 1 - Diagrama esquemático das etapas envolvidas na produção de gelado e perfil de variação de temperatura (°C) ao longo do tempo (escala arbitrária) (adaptado) ⁸	7
Figura 2 - Representação esquemática da microestrutura do gelado. A gordura parcialmente coalescida forma uma rede tridimensional essencial para estabilizar as bolhas de ar juntamente com as proteínas presentes na matriz. Na matriz encontram-se dispersos cristais de gelo, bolhas de ar e ainda a gordura parcialmente coalescida (adaptado) ¹⁰	9
Figura 3 – Estrutura molecular geral de um glicosídeo de esteviol. À cadeia carbonada básica diterpenóide tetracíclica podem ser associados açúcares simples pelos pontos de ligação R1 e R2.	20
Figura 4 - Estrutura química do rebaudiosídeo A (A), do maltitol (B), e da inulina (C).	33
Figura 5 – Embalagem de gelado marcada com uma escala indicativa de volume (a escala foi construída usando a água como padrão).	38
Figura 6 - Descritivo sumário das experiências de desenvolvimento de um gelado sem adição de açúcares.	41
Figura 7 – Curvas de derretimento do Gelado de Café e Vodka e gelados comercializados pela Fabridoce, com diferentes resistências ao derretimento	50
Figura 8 - Gelado de Café e Vodka (A) e Gelado de Café e Vodka com <i>topping</i> de amêndoa torrada (B).	51
Figura 9 – Resultados da análise sensorial, pós-produção, realizada aos Gelados de Café e Vodka, desenvolvidos no âmbito do projeto de I&D de gelados sem adição de açúcares.....	52
Figura 10 - Resultados da análise sensorial, um mês após produção, realizada aos Gelados de Café e Vodka com e sem <i>topping</i> de amêndoa torrada, desenvolvidos no âmbito do projeto de I&D de gelados sem adição de açúcares.	53
Figura 11 - Resultados da análise sensorial, 2 meses após produção, realizada aos Gelados de Café e Vodka com e sem <i>topping</i> de amêndoa torrada, desenvolvidos no âmbito do projeto de I&D de gelados sem adição de açúcares.....	53
Figura 12 – Fluxograma de produção do Gelado de Café e Vodka e introdução do <i>topping</i> de amêndoa torrada	59
Figura 13 - Esquema dos níveis de maturidade tecnológica (TRL). Adaptado de: https://en.wikipedia.org/wiki/Technology_readiness_level#/media/File:NASA_TRL_Meter.png	60
Figura 14 - Descritivo das experiências de desenvolvimento de um gelado sem ingredientes de origem animal, usando bebida de soja como fonte de água, cremes culinários (creme de coco e creme de soja) como fonte de gordura e isolado de soja como fonte de sólidos substitutos não gordos.....	61
Figura 15 – Descritivo das experiências realizadas, diminuindo consideravelmente o teor em isolado de soja e com base na formulação de Wangcharoen <i>et al.</i> ⁶¹ , usando bebida de soja como fonte de água e <i>leite</i> de coco como fonte de gordura.	63
Figura 16 - Descritivo das experiências realizadas, usando bebida de coco como fonte de água, <i>leite</i> de coco como fonte de água e gordura e isolado de soja como fonte de sólidos substitutos não gordos.....	64

Figura 17 - Descritivo das experiências desenvolvidas com base na formulação com teor em gordura de 10,5% 65

Figura 18 - Resultados da análise sensorial realizada aos gelados de coco e pinacolada desenvolvidos no âmbito do projeto de I&D de gelados sem ingredientes de origem animal. 68

Figura 19 - Resultados da análise sensorial realizada aos gelados de coco e pinacolada desenvolvidos no âmbito do projeto de I&D de gelados sem ingredientes de origem animal. 68

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Gama de produtos comercializados pela Fabridoce.	4
Tabela 2 – Composição de uma formulação típica de gelado (adaptado) ^{12,13}	5
Tabela 3 - Índices glicémicos de alguns adoçantes nutritivos e respetivo poder adoçante (em relação à sacarose) (adaptado) ^{5,32}	16
Tabela 4 - Quadro sumário de alguns adoçantes não-nutritivos sintéticos (acesulfame K, aspartame, sucralose, ciclamato) e naturais (glicosídeos de esteviol, taumatina, neo-hesperidina di-hidrocalcona), permitidos na União Europeia (adaptado) ¹⁻³	18
Tabela 5 - Estruturas químicas dos glicosídeos de esteviol, permitidos pela legislação europeia em 2016 (adaptado) ³⁷	20
Tabela 6 - Estudos na literatura relativos à formulação de gelados com ingredientes alternativos aos típicos derivados do leite ^{26,52,65,66,57-64}	26
Tabela 7 - Estudos na literatura relativos à formulação de gelados, com “stevia” ⁷¹⁻⁷⁴	31
Tabela 8 - Ingredientes que poderão substituir os derivados de origem animal tipicamente usados em formulações de gelados (a sombreado estão as opções estudadas durante a dissertação)....	34
Tabela 9 - Tabela exemplo dos cálculos realizados para estimar a contribuição de cada soluto para a depressão crioscópica da mistura ¹²	43
Tabela 10 – Depressões crioscópicas (FPD) (°C) de soluções de sacarose (g/100 g de água) ¹² . ..	43
Tabela 11 – Resumo das alterações principais em ingredientes das formulações de gelados sem adição de açúcares e PAC previsto teoricamente.	46
Tabela 12 - Parâmetros relevantes sujeitos a monitorização durante o processo de produção do gelado de Café e Vodka seguindo a formulação definida na experiência 4, em duas escalas diferentes.	47
Tabela 13 – Quadro-resumo para deteção de arenosidade nas sessões de análise sensorial ao gelado sem adição de açúcares.	54
Tabela 14 – Parâmetros microbiológicos das análises realizadas ao Gelado de Café e Vodka com topping de amêndoa torrada.	55
Tabela 15 – Valores nutricionais para o gelado de Café e Vodka com topping de amêndoa torrada, comparados com a média dos valores nutricionais dos Gelados de Portugal com ingredientes semelhantes.	56
Tabela 16 – Parâmetros relevantes sujeitos a monitorização durante o processo de produção, a pequena escala, das variantes 7A (coco), 7B (coco com teor em gordura diminuído), 7C (pinacolada com xarope de ananás) e 7D (pinacolada com ananás) de gelados sem ingredientes de origem animal.	66

Capítulo 1 - Fabridoce

1.1 Apresentação da Entidade Acolhedora

A Fabridoce – Doces Regionais Lda. encontra-se localizada na zona industrial de Cacia e foi suas instalações que a dissertação de mestrado foi desenvolvida, no âmbito de um estágio curricular. A empresa foi fundada em 1989, inicialmente como uma pastelaria em Aveiro, e apostava nos doces tradicionais da região, especialmente nos Ovos Moles de Aveiro. Mais tarde, o seu sucesso determinou que, em 1992, fosse criada a fábrica na zona industrial de Cacia. Simultaneamente, a empresa foi aumentando o leque de produtos, começando a abranger diferentes tipos de doces conventuais, possuindo atualmente uma vasta gama disponível. A Fabridoce cumpre os Sistemas de Segurança Alimentar, sendo que desde 2012 que possui o certificado *International Featured Standards* (IFS) – Food, uma norma internacional que reconhece a segurança e qualidade dos processos e produtos que a empresa comercializa, através de uma série de requisitos muito bem definidos, sendo um ponto estratégico fundamental para a internacionalização. A empresa tem como uma das suas missões continuar a aumentar a exportação dos seus produtos, apostando, por isso, em mercados externos.

O lema da empresa é “Inovar, mantendo a tradição”, mote que resume a sua vantagem competitiva no mercado. A Fabridoce preserva as características e o saber fazer tradicional dos produtos típicos portugueses, combinando-os com a necessidade de modernização de processos e tecnologias, bem como com a atualização dos sistemas de segurança e qualidade alimentar. As várias gamas de produtos comercializados pela Fabridoce encontram-se sistematizadas na **Tabela 1**.

A empresa possui, desde 2008, a loja “Sabores com Tradição” no centro de Aveiro, onde divulga os seus produtos (e outros de outras regiões) que adquirem estatuto *gourmet* pela qualidade e posição estratégica num ponto com uma grande afluência turística. Em 2009, a Fabridoce criou a “Oficina do Doce”, espaço expositivo e didático que, além de divulgar a história dos doces tradicionais e conventuais da região, permite acompanhar e participar no processo de fabrico dos Ovos Moles, permitindo a sua degustação, sendo simultaneamente uma ferramenta de *marketing* original. Os Ovos Moles da Fabridoce, desde 2010, possuem a designação de “Ovos Moles de Aveiro”, através do selo de Indicação Geográfica Protegida (IGP). Em 2013, a Fabridoce apostou numa marca denominada de Gelados de Portugal. Estes gelados são artesanais e destacam-se por ter menos ar que os restantes gelados comercializados, o que se reflete na perceção mais forte de sabores. O seu valor acrescentado justifica-se, ainda, pela escolha de matérias-primas de excelência, sem recorrer a corantes, aromas ou quaisquer aditivos alimentares sintéticos. A marca tem estado em crescimento nos

últimos anos com uma gama que atualmente possui doze sabores, todos alusivos a sabores típicos portugueses, tendo ocupado em Portugal um nicho de mercado inexplorado. Estes gelados são vendidos nas gelatarias multi-serviços “Gelados de Portugal”, em hipermercados e noutros pontos de venda a nível nacional e internacional. A aposta em *cuvettes* de esferovite como uma das formas de embalagem é um outro fator de diferenciação do produto, pela maior resistência a variações de temperatura durante o transporte e armazenamento.

1.2 Atividades desenvolvidas

No âmbito da dissertação foram inicialmente definidos dois objetivos: 1) desenvolver um gelado sem adição de açúcares ou que, pelo menos, fosse mais adequado para indivíduos diabéticos relativamente aos atuais da marca Gelados de Portugal; e 2) desenvolver um gelado sem ingredientes de origem animal, que pudesse eventualmente enquadrar-se na categoria *vegan*.

O desenvolvimento de um gelado com teor reduzido de açúcares é pertinente tendo em conta o panorama atual da saúde populacional. A Organização Mundial da Saúde (OMS), em 2015, recomendou uma redução do consumo de açúcar no sentido de este ser correspondente, no máximo, a 10 % do consumo calórico diário, para uma melhoria da saúde global⁴⁻⁶. Formulações de produtos com baixo índice glicémico, com teor em açúcar reduzido, sem adição de açúcar ou até sem açúcar são benéficas para indivíduos diabéticos, mas também para a população em geral, cujo consumo de açúcar é atualmente excessivo^{6,7}. Como tal, foi definido como objetivo da dissertação o desenvolvimento de gelados “sem adição de açúcares”, uma vez que é uma alegação nutricional menos restritiva do ponto de vista da legislação e permite a utilização de produtos lácteos, desde que seja evidente na rotulagem a designação de que “Contém açúcares naturalmente presentes”, neste caso a lactose. O produto a desenvolver deverá conter, por isso, um teor em açúcares significativamente menor que os restantes gelados com derivados lácteos, comercializados pela empresa, e ser esse o fator principal a considerar para a adaptabilidade do produto para indivíduos diabéticos.

O desenvolvimento de um gelado sem ingredientes de origem animal encontra-se em linha com as tendências agroalimentares em relação a estilos de vida alternativos (*vegan* e vegetariano). A *Future Market Insights*⁸ contabilizou o valor de mercado global de gelados à base de plantas em mais de 500 milhões de dólares em 2017, podendo o setor em 2027 atingir cerca de 1,8 mil milhões de dólares. Segundo a *Mintel*, a nível global, o lançamento de gelados com a designação “*vegan*” aumentou de 2% em 2014 para 4% em 2016, tendo sido lançados na Europa 59% dos novos produtos⁹. Dentro da categoria de Gelados Alimentares, existem várias denominações de venda, previstas pela Norma Portuguesa (NP) 3293. Um gelado, genericamente, consiste numa emulsão tipicamente composta por água e/ou leite, gorduras alimentares, proteínas e açúcares. Um gelado sem gordura alimentar pode ser um gelado de

água (água e açúcares), gelado de fruta (gelado de água com pelo menos 15 % de fruta) ou sorvete (gelado de fruta com pelo menos 25 % de frutos)¹⁰. Como tal um sorvete, à partida, por definição, não possui ingredientes de origem animal. A Fabridoce já comercializava sorvetes, pelo que o objetivo do departamento de I&D da empresa, era o desenvolvimento de um gelado (e, por isso, com gorduras alimentares) sem quaisquer ingredientes de origem animal.

Apesar de o objetivo da dissertação ser o desenvolvimento de novas formulações de gelados, as atividades desenvolvidas no estágio curricular foram muito mais abrangentes. Foi realizado o acompanhamento de outros projetos internos em curso, para otimização de processos e/ou receitas para aumento da capacidade de produção ou diminuição de custos, e ainda de projetos de inovação para desenvolvimento de novos sabores de gelados. Na área da pastelaria foram apresentados alguns desafios para melhoramento de produtos como por exemplo o aumento do tempo de prateleira à temperatura ambiente do pão-de-ló conventual. Foi também feito o estudo de formas, com base no tempo de cozedura e/ou polvilhamento/cobertura, de manter as qualidades organoléticas e aspeto visual de Broas de Ovos Moles armazenadas à temperatura ambiente. No caso do pão-de-ló, o aumento do tempo de prateleira foi estudado através do uso de conservantes, utilizando sempre que possível os naturais, e depressores da atividade da água. No caso das Broas de Ovos Moles, a otimização do produto centrou-se em alterações no processo de fabrico, mantendo a receita original, através do estudo de diferentes temperaturas de cozimento da massa e ainda de formas de polvilhamento do produto final.

Inerente ao conceito de estágio curricular, a participação noutra tipo de tarefas no âmbito dos procedimentos de Gestão e Controlo de Qualidade, contribuiu para adquirir uma visão globalizante do funcionamento da fábrica e das implicações para o desenvolvimento de um novo produto e a aferição do potencial de produção em grande escala e da viabilidade dos projetos de inovação.

Tabela 1 – Gama de produtos comercializados pela Fabridoce.

Gama Tradição Conventual	Gama Pastéis	Gama Biscoitos	Gama Inovação	Gelados de Portugal
<ul style="list-style-type: none"> • Ovos Moles de Aveiro • Moliceiros • Fios de Ovos • Trouxas de Ovos • Pão-de-ló Conventual • Lampreia de Ovos • Creme de Ovos Moles • Castanhas de ovos • Quindins 	<ul style="list-style-type: none"> • Tartes de Amêndoa • Tortas de Azeitão • Pasteis de Águeda • Pastéis de Vouzela • Pastéis de Torres Vedras • Salame de Chocolate 	<ul style="list-style-type: none"> • Raivas • Almendrados (Delícias de Amêndoa) • Cavacas de Pombal • Beijinhos de Pombal • Telhas de Amêndoa • Suspiros • Rosquinhas Integrais • Rosquinhas de Azeite • Línguas da Sogra • Mós de Chocolate • Esquecidos • Bolos de Gema • Bolo de Amendoim 	<ul style="list-style-type: none"> • Queijinhos de Amêndoa com Ovos Moles • Trufas com Ovos Moles 	<ul style="list-style-type: none"> • Ovos Moles de Aveiro • Mirtilo e Framboesa • Leite-creme • Requeijão com Doce de Abóbora • Chocolate com Suspiro • Banana da Madeira • Pastel de Nata • Bolacha Maria • Iogurte e Doce de Figo • Castanha e Vinho do Porto • Sorvete de Ananás dos Açores com Hortelã • Sorvete de Framboesa

Capítulo 2 – Contextualização teórica

2.1 O gelado

2.1.1 Definição e Composição

O gelado, de acordo com a Norma Portuguesa (NP 3293, 2008), é um “género alimentício obtido por congelação, e mantido nesse estado até ao momento de ser ingerido pelo consumidor (...)” sendo composto por “uma mistura de matérias gordas e substâncias proteicas, com ou sem adição de outros ingredientes alimentares” ou “uma mistura de água, açúcar e outros ingredientes alimentares”. A categoria dos gelados subdivide-se em várias denominações de venda de acordo com os ingredientes e sua proporção: gelado de nata, gelado de leite, gelado, gelado de água, gelado de fruta e sorvete¹⁰.

O gelado é um produto alimentar amplamente consumido, a nível mundial, com uma grande variedade de sabores e multiplicidade de formulações existentes^{11,12}. A formulação típica de um gelado pode ser descrita pelos valores apresentados na **Tabela 2**.

Tabela 2 – Composição de uma formulação típica de gelado (adaptado)^{12,13}.

Ingrediente	Quantidade (% massa)
Gordura (animal ou vegetal)	10 - 16 %
Sólidos não gordos do leite (SNGL)	9 - 12 %
Adoçantes (açúcares)	13 - 18 %
Estabilizantes e emulsionantes	0,0 – 0,5 %
Sólidos Totais ^(a)	36 - 45 %
Água	55 - 64 %

^(a) O valor de “Sólidos Totais” corresponde à soma da quantidade de gordura, sólidos não gordos do leite, adoçantes, estabilizantes e emulsionantes.

A sua constituição pode ser também descrita por uma combinação de quatro componentes estruturais importantes com as seguintes contribuições para o volume do produto: bolhas de ar com 0,1 a 1 mm de diâmetro (50 %), cristais de gelo (30 %), uma matriz (15 %) constituída por uma solução de açúcares, polissacarídeos, proteínas do leite, sais, entre outros solutos; e gotículas de gordura (5 %)¹¹. No gelado coexistem, por isso, três fases: sólida (gelo e gordura), gasosa (ar), ambas dispersas na fase líquida (a matriz)¹⁴. A interação entre estas três fases faz com que o gelado seja uma mistura coloidal com propriedades simultaneamente de emulsão, sol e espuma. A criação de uma emulsão ocorre pela presença de moléculas de gordura na solução aquosa. A emulsão não é estável, uma vez que as moléculas hidrofóbicas tendem a agregar para minimizar a interação com as moléculas polares da fase aquosa, levando à

formação de fases distintas. Por isso, na formulação devem existir moléculas anfipáticas que se posicionem na interface água-gordura e que permitam a diminuição da tensão superficial, retardando ou prevenindo este fenómeno. Estas moléculas podem ser as próprias caseínas do leite ou emulsionantes adicionados, como mono- ou diacilglicerídeos, ou a lecitina da gema do ovo. O sol deriva da dispersão de cristais de gelo na solução aquosa e a espuma resulta da dispersão de pequenas bolhas de ar na mistura¹¹.

2.1.2 Produção do Gelado

Para a produção de um gelado é necessário criar uma microestrutura de pequenos cristais de gelo (imperceptíveis ao consumidor), bolhas de ar e gotículas de gordura, unidos por uma matriz. Esta microestrutura altamente complexa justifica fundamentalmente as propriedades físico-químicas e sensoriais deste produto¹¹⁻¹³. O processo sumário da produção de gelados encontra-se descrito na **Figura 1**. Numa fase inicial, é feita a mistura dos ingredientes, sendo estes adicionados, à medida que decorre o aquecimento, segundo ordens específicas a temperaturas específicas, uma vez que tal confere vantagens tecnológicas^{11,12}. Após adição dos ingredientes e homogeneização da mistura resultante¹⁴, segue-se o processo de pasteurização para destruir microrganismos vegetativos (nomeadamente os patogénicos) para níveis considerados seguros e para inativar enzimas, como as hidrolases, que podem afetar negativamente o sabor e a textura do produto. Para cada tratamento térmico deve ser estudado o binómio tempo/temperatura para assegurar a segurança do produto a nível microbiológico sem comprometer as suas qualidades organolépticas¹⁵. Durante a pasteurização, a temperatura da mistura aumenta rapidamente até um certo valor, é mantida por um período de tempo mínimo definido e depois diminui com o arrefecimento rápido da mistura até cerca de 5 °C. De seguida, a mistura matura, a temperatura constante, durante um período de tempo variável. Na maturação ocorre a hidratação completa de proteínas e outros hidrocolóides, assim como a desadsorção das proteínas do leite da membrana do glóbulo gordo pelos emulsionantes¹⁴. Adicionalmente, esta fase é importante para assegurar uma boa extensão de cristalização da gordura, fator essencial para a posterior desestabilização da emulsão e coalescência parcial da gordura durante a produção do gelado¹². A mistura maturada entra no equipamento de produção de gelado que promove a congelação da água livre e incorpora ar na massa em agitação contínua. Ocorre uma concentração de solutos na água livre da matriz e, por isso, aumento de viscosidade e a desestabilização da gordura com consequente coalescência parcial, contribuindo para a incorporação de ar e para a cremosidade e corpo do gelado¹¹⁻¹³ pela formação de uma estrutura que suporta e contém os cristais de gelo e bolhas de ar¹⁴. As proteínas deslocam-se para a superfície das bolhas de ar contribuindo para a sua estabilização¹⁴. O gelado acabado de produzir encontra-se apenas parcialmente congelado, o

que facilita a sua manipulação e embalagem e é, de seguida, endurecido através de uma diminuição acentuada da temperatura até -18°C , com a formação de mais cristais de gelo¹². Este último passo é importante para estabilizar a microestrutura a nível dos cristais de gelo e bolhas de ar¹¹, evitando a formação de cristais de gelo grandes, o que contribui para um produto rico em pequenos cristais de gelo, e por isso mais suave¹⁴. A partir do momento em que o gelado sai da produtora não há mais formação de cristais de gelo, derivando todos os fenómenos relacionados com formação de cristais dos cristais já existentes¹⁴.

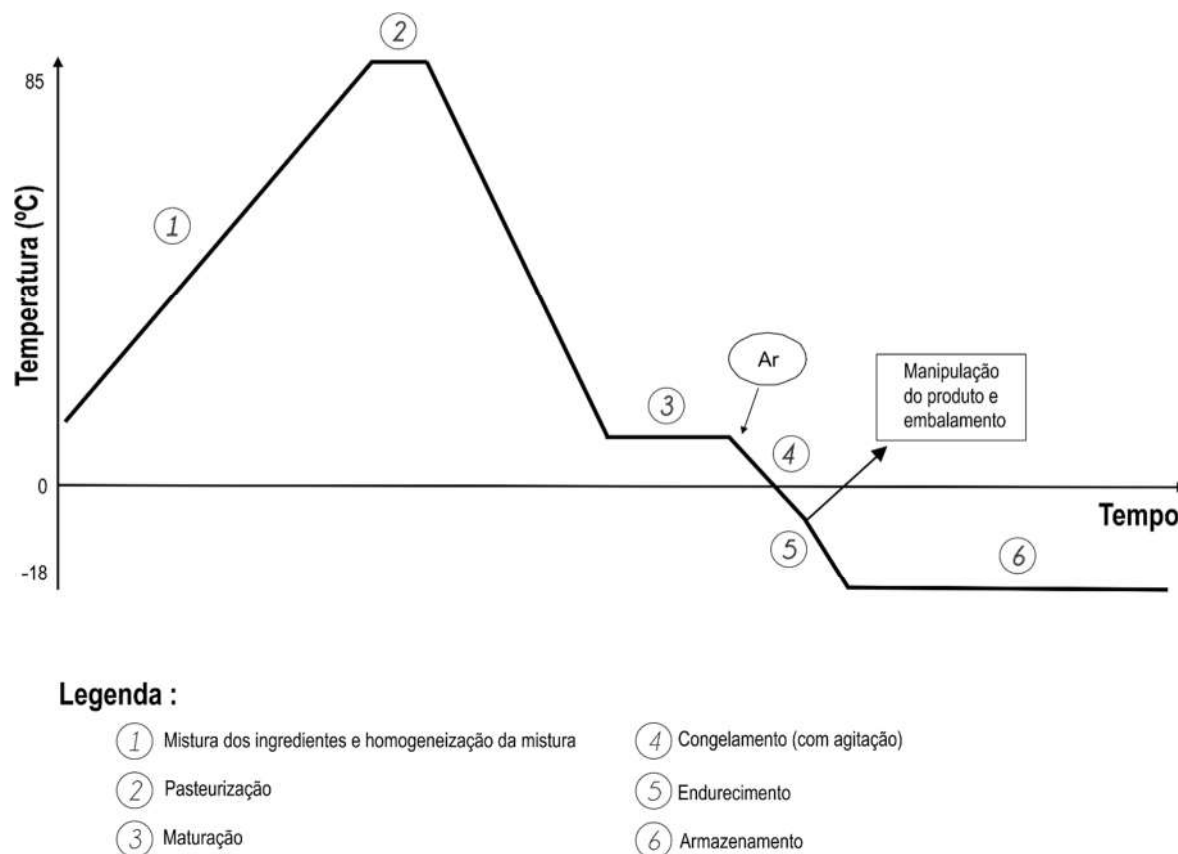


Figura 1 - Diagrama esquemático das etapas envolvidas na produção de gelado e perfil de variação de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) ao longo do tempo (escala arbitrária) (adaptado)¹¹.

2.1.3 Microestrutura e funcionalidade dos ingredientes do gelado

As propriedades sensoriais do gelado encontram-se intimamente relacionadas com a sua composição e microestrutura. A gordura confere cremosidade e o gelo proporciona dureza e sensação de frio. O ar (*overrun*) é responsável pela sensação de leveza e suavidade, e o açúcar adoça¹¹. Além disso, os ingredientes da formulação têm todos uma função bastante específica e que contribui para as propriedades físico-químicas e organoléticas finais do gelado^{11–14}. Uma representação esquemática da microestrutura presente no gelado encontra-se na **Figura 2**.

A água que hidrata as várias moléculas presentes na matriz não é água livre e, por isso, é uma fração não congelável. A restante porção, de água livre, é a que é efetivamente congelada,

originando os cristais de gelo do gelado. Os solutos são muito importantes pelo facto de controlarem o ponto de congelação da água. Quanto maior a quantidade de solutos, maior é a depressão crioscópica, logo mais baixa será a temperatura de congelação da mistura¹¹⁻¹³. Desta forma, é possível com a variação da concentração de solutos controlar a formação de cristais de gelo, o que influencia as propriedades do produto final como a dureza, textura e resistência ao derretimento à temperatura de serviço¹². Adicionalmente, os solutos também influenciam a viscosidade da mistura, outro fator que condiciona, por exemplo, a rapidez de derretimento e facilidade do manuseamento¹⁶. A gordura, proteínas, polissacarídeos, estabilizantes e emulsionantes não contribuem para a depressão crioscópica da mistura¹².

Nos gelados podem usar-se diferentes tipos de açúcares como agentes adoçantes: glucose, sacarose, açúcar invertido, frutose e etc. Estes ingredientes adoçam o gelado e até podem intensificar alguns sabores, aumentando a aceitabilidade do produto^{11,12}. A glucose, por exemplo, é menos doce que a sacarose, mas tem um fator de depressão crioscópica duas vezes superior. Já a frutose é mais doce do que a sacarose, tendo um efeito de depressão crioscópica também duas vezes superior. A lactose presente naturalmente no leite, é menos doce que a sacarose e contribui para a diminuição do ponto de congelação da mistura, mas tem uma solubilidade muito baixa. Por este motivo, tem tendência a cristalizar aquando da congelação da água na produção do gelado, devido ao efeito de concentração de solutos por diminuição da água livre¹². Enquanto que os cristais de gelo são percecionados se tiverem tamanhos acima de 50 μm , os cristais de lactose detetam-se a partir de tamanhos inferiores (15 μm) sendo estes últimos responsáveis por um defeito denominado de “gelado arenoso”^{12,13,17} – um defeito de qualidade. Por isso, num gelado, é de suma importância controlar a concentração da lactose. Desta forma, como açúcares diferentes têm diferente poder adoçante e efeito na depressão crioscópica, podem ser estudadas diferentes combinações entre eles para controlar os parâmetros do gelado (por exemplo: dureza), pelo controlo da quantidade de gelo formado e viscosidade da matriz^{11-13,16}.

Os sólidos não gordos do leite (SNGL), incluem a lactose, caseínas, proteínas do soro, minerais, vitaminas, enzimas e gases do leite ou de laticínios¹³. Contribuem para o sabor e textura do gelado. No entanto, a quantidade que provém do leite (fonte principal de água) e nata (fonte principal de gordura), não é suficiente para fornecer SNGL em teor suficiente para que estes exerçam a sua funcionalidade e contribuam para o valor adequado de sólidos totais. Desta forma, normalmente as formulações incluem uma fonte adicional destes componentes como, por exemplo, leite em pó ou outras fontes de proteína¹². A proporção de SNGL no gelado deve ser controlada, pois pode afetar negativamente o sabor ou contribuir para um excesso de lactose no produto final¹³. As proteínas são importantes pois têm ação emulsionante na interface entre a fração aquosa da matriz e a gordura, auxiliam na formação de espuma e na manutenção da estabilidade de bolhas de ar juntamente com a gordura, e ainda contribuem

para a viscosidade da matriz, logo para o corpo do gelado, resistência ao derretimento e menor percepção de cristais de gelo^{12,13,18}.

Os estabilizantes são hidrocolóides que interagem com a água e, por isso, ajudam a controlar a formação de cristais de gelo¹². Quimicamente, a maioria são polissacarídeos que, ao ligarem moléculas de água, aumentam a viscosidade da fase contínua (matriz) e controlam, por isso, o crescimento de cristais de gelo mesmo em casos de flutuações de temperatura durante o armazenamento^{12,19}. Contribuem para a suavidade, para a diminuição da taxa de derretimento e facilitam a incorporação de ar na mistura e estabilização da espuma. Além disso, sensorialmente podem mascarar a percepção de cristais de gelo^{11,12}. A sua concentração típica em gelados não ultrapassa 0,5 % e é bastante controlada uma vez que um excesso de estabilizante pode resultar num gelado demasiado viscoso ou com textura tipo goma¹².

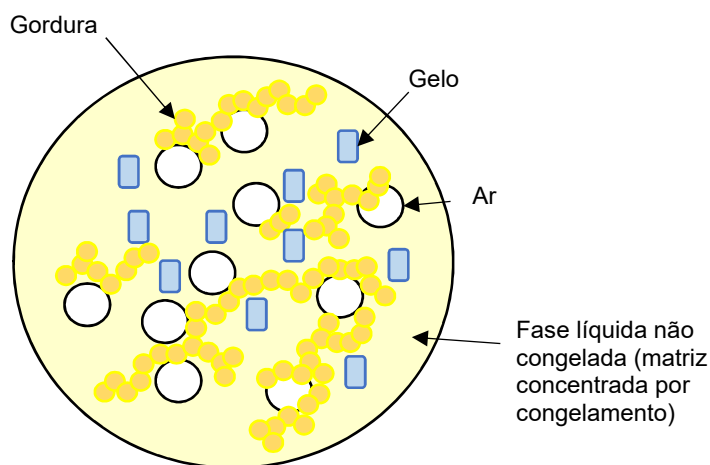


Figura 2 - Representação esquemática da microestrutura do gelado. A gordura parcialmente coalescida forma uma rede tridimensional essencial para estabilizar as bolhas de ar juntamente com as proteínas presentes na matriz. Na matriz encontram-se dispersos cristais de gelo, bolhas de ar e ainda a gordura parcialmente coalescida (adaptado)¹³.

A gordura é um ingrediente muito importante no gelado que contribui para inúmeras características, existindo simultaneamente na fase líquida e na fase sólida, sendo esta última predominante¹⁴. A gordura contribui para a estabilização das bolhas de ar no gelado, para a cremosidade, diminui a taxa de derretimento do gelado e é a forma de incorporar moléculas de sabor lipossolúveis responsáveis pela veiculação de sabores que são libertados lentamente aquando do consumo^{11-13,20,21}. O teor em gordura condiciona o derretimento do gelado na boca, bem como a percepção de aroma e sabor²². A criação de gelados com teor em gordura reduzido ou sem gordura é desafiante, uma vez que este componente tem inúmeras funções, sendo difícil encontrar substitutos que consigam mimetizar com sucesso todas as suas funcionalidades^{11,12,23-26}.

A gordura no leite e laticínios existe sob a forma de glóbulos gordos (0,1 - 20 µm), contendo triacilglicerídeos no seu interior. Estes glóbulos são delimitados por uma membrana

do glóbulo gordo, que em leite homogeneizado é constituída principalmente por lipoproteínas e sub-micelas de caseínas^{14,27}. Esta membrana impede a coalescência da gordura. No entanto, durante o processo de produção do gelado, alguns emulsionantes vão substituindo as proteínas presentes na membrana enfraquecendo-a progressivamente, especialmente durante a fase de maturação¹¹.

A gordura cristaliza com a diminuição da temperatura. Na produção de gelado, a partir da mistura, a formação de cristais de gelo resultantes da congelação e a incorporação de ar sob a forma de pequenas bolhas dispersas pela forte agitação são fatores que promovem a coalescência parcial da gordura, pois a membrana enfraquecida é rompida pelas estruturas rígidas cristalinas^{11,12}. Forma-se assim uma rede tridimensional de gordura, através dos glóbulos parcialmente coalescidos que estabiliza as diversas pequenas bolhas de ar formando barreiras entre elas e criando um gelado encorpado e com resistência ao derretimento¹⁹. Para a coalescência parcial, é essencial que a gordura não esteja totalmente sólida nem muito líquida, uma vez que se pretende a agregação de gotículas de gordura que, simultaneamente, mantenham a sua natureza individual^{11,12}.

Os emulsionantes são utilizados para melhorar a incorporação de ar na mistura e contribuir para a produção de um gelado mais seco e moldável, com um corpo e textura mais suave¹³. Antes da cristalização da gordura os emulsionantes estão dissolvidos no seu “interior” mas, à medida que a gordura cristaliza, eles são deslocados do seu interior para a superfície¹⁴. Nesta fase, os emulsionantes competem com as proteínas na constituição da membrana no glóbulo gordo, substituindo-as¹⁴. A membrana torna-se menos estável, sendo mais fácil de coalescer durante a produção de gelado. Como a estrutura de gordura que se forma é fundamental para a estrutura, textura e resistência ao derretimento do gelado¹³, é importante controlar teores de gordura, proteína e emulsionante, pois são determinantes para a estabilidade da emulsão e, consequentemente, condicionam a extensão de desestabilização da gordura o que afetará, por sua vez, a incorporação e estabilização das bolhas de ar. O excesso de proteína pode tornar a membrana do glóbulo gordo demasiado estável e levar a uma desestabilização da gordura incompleta, formando-se uma espuma instável e um gelado aglomerado e húmido. Se a membrana for fraca demais (excesso de emulsionante e/ou deficiência de proteína) pode ocorrer uma desestabilização demasiado extensa e os aglomerados de gordura serem perceptíveis aquando do consumo¹¹.

2.1.4 Equilíbrio de formulações em gelados, parâmetros de qualidade e defeitos

Dada a complexidade do gelado, é fundamental criar uma formulação equilibrada entre todos os ingredientes¹². Uma formulação considera-se equilibrada quando as proporções dos ingredientes permitem a criação de um produto com qualidade, sem defeitos passíveis de

serem corrigidos por qualquer alteração na composição ou ingredientes da mistura. Defeitos derivados de uma formulação não equilibrada (ao nível do sabor, cor, corpo do gelado, textura, padrão de derretimento ou encolhimento) podem ser corrigidos por um balanceamento adequado de ingredientes na formulação^{12,17}. Existem muitos outros defeitos sujeitos a controlo em gelados, sendo na maior parte das vezes, conhecidas as suas causas (**Anexo A**). Como tal, podem ser corrigidos quer por alterações no processamento quer pela formulação. Se derivarem de uma qualidade de matérias-primas inferior¹⁷, será necessário alterar os ingredientes em causa.

As propriedades do gelado que condicionam a sua manipulação e embalagem são a viscosidade, o ponto de congelação da mistura e o potencial de incorporação de ar¹². A viscosidade é essencial para a incorporação de ar, corpo e textura do gelado¹² e também afeta a resistência ao derretimento¹⁶, sendo influenciada pela composição, processamento da mistura e temperatura. Ao nível da composição, ela aumenta com a concentração de estabilizante, proteína, gordura e sólidos totais¹². O derretimento de um gelado é um outro fator importante a considerar, não devendo ser muito curto nem muito longo¹⁷. O derretimento de um gelado é uma medida empírica que inclui uma série de fatores desde a condutividade térmica, microestrutura e a própria formulação¹¹, resultando de uma complexa interação entre vários componentes da microestrutura do gelado¹⁶. À medida que o calor penetra na estrutura do gelado, este começa a derreter exteriormente pela fusão dos cristais de gelo. A água resultante difunde do gelado e mistura-se com a matriz que é diluída e diminui, por isso, a viscosidade do gelado. De seguida, a matriz flui e escorre. A microestrutura do gelado (quantidade relativa de cada elemento estrutural, tamanho, ligação entre eles) é fundamental pois influencia todo o processo de derretimento ao modular o escoamento da matriz¹². O ar, por exemplo, ao ser isolante térmico faz com que um gelado com mais ar derreta mais lentamente. Também o grau de desestabilização da gordura influencia, pois se houver mais desestabilização há mais resistência à passagem do líquido de gelado derretido. O tamanho e número de cristais de gelo e a viscosidade do gelado também condicionam a taxa de derretimento. Adicionalmente, a dureza do gelado a uma dada temperatura de serviço também é um fator importante que depende do volume da fase de gelo, tamanho dos cristais, quantidade de ar, desestabilização da gordura e propriedades reológicas da mistura¹⁶.

O gelado deve ser armazenado de forma correta sem haver quebra da cadeia de frio o que, se acontecer, pode levar à deterioração da sua estrutura. Como o gelado é uma dispersão coloidal complexa existe sempre a tendência de separação de fases para se atingir um estado de maior estabilidade. As baixas temperaturas a que um gelado se encontra controlam cineticamente estes processos. Como tal, quebras na cadeia de frio promovem fenómenos de agregação de bolhas de ar e/ou recristalização de cristais de gelo, o que se pode manifestar por encolhimento do gelado¹¹ e aquisição de uma textura repleta de cristais de gelo perceptíveis.

A recristalização de gelo é reconhecida como o maior fator de deterioração em gelados, estando intimamente relacionada com a temperatura de armazenamento e flutuações de temperatura^{11,12}.

2.2 Formulações de gelados de valor acrescentado

2.2.1 Diminuição do teor em açúcar

Os consumidores estão cada vez mais preocupados com a sua saúde e percebem o papel preponderante da alimentação para a sua manutenção. O consumo de açúcar em excesso é considerado, atualmente, a principal causa da prevalência de diabetes tipo II⁴. Em 2015, a Organização Mundial da Saúde (OMS) emitiu recomendações que indicavam que o consumo diário de açúcares livres deveria ser menor que 10 % do teor energético total consumido por adultos ou crianças. A OMS sugeriu ainda que uma redução para 5 % (cerca de 25 gramas – 6 colheres de chá) por dia teria ainda efeitos benéficos adicionais⁴⁻⁶. Note-se que, segundo a OMS, a designação “açúcares livres” inclui mono- e dissacarídeos adicionados a alimentos ou bebidas pela empresa produtora, durante a confeção ou pelo consumidor e açúcares naturalmente presentes em mel, xaropes, sumos de fruta e concentrados de sumos de fruta²⁸. Estas recomendações têm como objetivo a promoção da saúde pública, uma vez que o consumo de açúcar em excesso na alimentação promove cáries, obesidade, diabetes tipo II e doenças cardiovasculares^{3-5,7,28,29}. Desta forma, a indústria alimentar encontra-se pressionada para adaptar as formulações dos seus produtos de forma a estar em linha com as recomendações da OMS e para não ser prejudicada pela visão negativa que o “açúcar” tem adquirido junto dos consumidores⁵.

Os açúcares nos alimentos podem ter múltiplas funcionalidades desde a doçura, potenciamento de certos sabores ou equilíbrio de sabores, formação de cor e sabor (reações de *Maillard* e caramelização), textura e volume, serem substrato para fermentação ou serem uma forma de preservação por diminuição da atividade da água^{4,5,28}. As suas funcionalidades diferem de acordo com o tipo de alimento e devem ser tidas em conta aquando da diminuição ou remoção deste componente²⁸. Desta forma, a estratégia deve implicar o ajuste da formulação de forma a garantir soluções eficazes sem prejudicar a parte organolética³⁰. O cumprimento das recomendações passará por uma diminuição gradual e generalizada no teor em açúcar, habituando progressivamente o consumidor a menor doçura^{5,30}.

As consequências das recomendações da OMS foram analisadas pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE)⁶. Em 2017, a maioria dos países excedia o consumo de açúcar recomendado, à exceção dos pertencentes à África Subsariana e Ásia. Se todos os países reduzissem o consumo, iria haver uma redução do aporte calórico total *per capita*⁶. Independentemente das recomendações existentes, é necessário aferir da adesão da

população a estas medidas bem como estudar as principais fontes de açúcar na alimentação. No caso particular da Europa, os açúcares totais contribuem entre 15 a 25 % do total do aporte calórico diário sendo 7,5 a 17 % dos açúcares açúcar adicionado⁷. Independentemente do país, as crianças e os adolescentes consomem mais açúcar do que os adultos. Como se excede o limite de 10 % recomendado pela OMS, justifica-se o investimento da União Europeia ou dos próprios países em políticas de saúde pública que diminuam o consumo deste ingrediente⁷. Apesar da reformulação de produtos atualmente existente ser uma forma de diminuir o consumo⁵, deve-se ter em conta que o investimento só faz sentido se for direcionado para alimentos ou grupos de alimentos nos quais possa haver efetivamente um impacto significativo na população-alvo se a reformulação ocorrer (exemplo: refrigerantes com teor em açúcar reduzido contribuem para diminuir o consumo de açúcar por parte dos mais jovens)⁷.

O desenvolvimento de formulações de forma a seguir as recomendações da OMS tem um efeito benéfico para o consumidor em geral, mas esse efeito é muito superior no caso de indivíduos com diabetes ou em risco de desenvolverem diabetes. No caso dos diabetes tipo II, doença com uma forte componente comportamental, não insulino-dependente, o controlo do consumo de açúcar é fundamental para manter a glicemia em valores normais. Como tal, o investimento no desenvolvimento de produtos menos calóricos, com teor em açúcar diminuído e idealmente de menor índice glicémico representa uma oportunidade para estes indivíduos conseguirem ter, progressivamente, acesso a uma maior diversidade de produtos, sem a penalização de o sabor, variedade de oferta e qualidade serem inferiores.

2.2.1.1 Adoçantes nutritivos e não-nutritivos

Os açúcares existem naturalmente nos alimentos, mas também podem ser adicionados durante a produção²⁸, sendo a sua presença na dieta essencial como fonte de energia. As suas propriedades químicas, físicas e sensoriais estão intimamente relacionadas com a sua estrutura química¹¹. Um adoçante, que pode ter ocorrência natural ou ser sintético, é uma designação atribuída a uma substância que adoça, sendo a sacarose usada como termo de comparação para o poder adoçante²⁸. A relação entre intensidade de doçura e concentração de açúcar é complexa e não linear²⁹.

A digestão dos açúcares começa na boca, uma vez que o microbioma desse local tem capacidade de os metabolizar²⁹. A glucose é a molécula central da glicólise, sendo hidrolisada em duas moléculas de piruvato. O piruvato pode ser direcionado para o ciclo de Krebs ou para a fermentação láctica, no caso de inatividade/atividade física de intensidade baixa a moderada ou atividade física intensa, respetivamente. No primeiro caso, as moléculas de piruvato entram no ciclo de *Krebs*, sob a forma de acetil-CoA, ativando a cadeia transportadora de eletrões existente nas mitocôndrias e gerando 30 ou 32 moléculas de ATP. Na fermentação láctica, o piruvato é convertido a lactato, obtendo-se 2 moléculas de ATP²⁹, ou seja um rendimento

energético muito inferior. Outros monossacarídeos como a frutose, manose ou galactose também podem ser convertidos a intermediários da glicólise e, por isso, serem aproveitados igualmente para a produção de energia. No entanto, para isto ocorrer, é necessário que os açúcares entrem na célula sob a forma de monossacarídeos. Os açúcares podem ocorrer com diferentes tamanhos de cadeia na forma de monossacarídeos, dissacarídeos, oligossacarídeos ou polissacarídeos. Desta forma, é necessário contabilizar a hidrólise enzimática durante a digestão no trato gastrointestinal (TGI) antes do processo de absorção celular em si. No caso da glucose, a sua absorção a nível celular, nos músculos e tecido adiposo depende da insulina. Esta medeia uma via de sinalização que culmina no movimento de transportadores de Glucose (GLUT4) para a membrana celular, que, por conseguinte, permite a entrada de glucose na célula²⁹. Outros açúcares entram na célula, também por transportadores de membrana, por mecanismos independentes da insulina. Caso a quantidade de açúcares seja superior às necessidades energéticas celulares, eles podem ser armazenados na forma de glicogénio para serem utilizados posteriormente²⁹. Alternativamente, as unidades de acetil-CoA, resultantes da glicólise podem ser utilizadas para a síntese de ácidos gordos, que por sua vez são direcionados para biomembranas celulares, armazenados localmente na célula sob a forma de gotículas de gordura ou transportados para armazenamento no tecido adiposo³¹.

Os monossacarídeos e dissacarídeos são formas de açúcares mais rapidamente absorvidas do que os oligossacarídeos ou polissacarídeos, pois estes últimos têm que ser, previamente, sujeitos a várias hidrólises no TGI. No caso do amido a digestão é completa, tendo função energética. Polímeros como a celulose e a inulina possuem ligações diferentes, entre os monossacarídeos, das que as enzimas do TGI são capazes de clivar em condições ótimas, e como tal, não são digeridos nem absorvidos no intestino delgado assumindo, ao invés disso, funções de fibra dietética^{28,31}.

A *diabetes mellitus* é uma doença metabólica na qual a capacidade para metabolizar a glucose é afetada ou por deficiência na produção de insulina a nível do pâncreas ou pela aquisição de resistência à insulina por parte dos tecidos³¹. Como tal, os diabéticos devem ter cuidados redobrados com a alimentação, principalmente na porção relativa aos hidratos de carbono (especialmente os açúcares) para evitar situações de hiperglicemia uma vez que o tipo de açúcar ingerido influencia, de forma distinta, o pico de glucose após refeição, bem como o padrão da sua remoção da corrente sanguínea²⁹. Os indivíduos diabéticos têm necessidade de optar por alimentos com menores índices glicémicos, pois nestes a transposição dos açúcares na dieta para o sangue é mais lenta, não provocando picos na concentração de glucose sanguínea nem nos níveis de insulina^{3,28,29}. O índice glicémico (IG) é uma medida da capacidade dos hidratos de carbono presentes no alimento aumentarem os níveis de glucose no sangue após ingestão, quando comparados com uma dose equivalente de glucose ($IG_{glucose}=100$)³².

Como os adoçantes podem ser metabolizados de formas distintas, estes podem ser classificados como nutritivos ou não-nutritivos²⁸. Os açúcares que são clivados no TGI são designados de açúcares nutritivos, classificação que se divide em: açúcares, como o caso da glucose, frutose, sacarose e outros monossacarídeos e dissacarídeos, açúcares líquidos, mel, xaropes ou trealose; e adoçantes com efeito de volume, incluindo os açúcares alcoólicos e a tagatose⁵. Induzem resposta glicêmica e contribuem para o aporte calórico^{5,28}. Diferentes tipos de açúcares possuem diferentes índices glicêmicos, derivados das suas diferenças a nível de estrutura química, que por sua vez influenciam a sua digestão, absorção e metabolização⁵.

Os gelados possuem um índice glicêmico típico entre 60 a 80¹¹. Na **Tabela 3** apresentam-se valores típicos para índices glicêmicos de vários agentes adoçantes nutritivos, bem como a sua doçura relativa. Os índices glicêmicos apresentados são valores indicativos e que apresentam grande variabilidade dado que o efeito de um dado agente adoçante está altamente dependente da forma, composição e modo de preparação do alimento em que está incluído, bem como do próprio estado de saúde e metabolismo do indivíduo²⁹. Por exemplo, no caso de indivíduos intolerantes à lactose, estes não possuem lactase³⁰ pelo que a lactose não é hidrolisada no TGI nem absorvida, o que se traduz numa contribuição nula para o índice glicêmico. Adicionalmente, a glucose e a galactose resultantes da hidrólise da lactose, têm vias diferentes de metabolização. A galactose utiliza UDP-Glucose e três enzimas para a formação de um intermediário da glicólise³¹. A frutose, apesar do seu elevado poder adoçante, de ser um monossacarídeo de ocorrência natural e de ter um índice glicêmico baixo, não pode ser usada para substituir totalmente a glucose ou sacarose na alimentação^{4,28}. Apesar de ser um açúcar mais benéfico para diabéticos, o seu consumo deve ser controlado. As quantidades de frutose presentes naturalmente em alimentos como frutas são positivas para o organismo. No entanto, na forma de açúcar adicionado em alimentos pode ter consequências metabólicas prejudiciais a vários níveis: estímulo da lipogénese a nível do fígado, com acumulação de gordura nesse órgão; secreção de lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL)⁴, o que pode provocar hiperlipidemia⁵; aumento da resistência à insulina; estímulo da gluconeogénese hepática, com consequente aumento dos níveis de glucose no sangue, o que, conjuntamente com o efeito de aumento de resistência à insulina, pode potenciar a falência das células beta-pancreáticas⁴. O organismo tem sistemas de absorção no TGI preparados para uma certa quantidade de frutose na dieta. Se esta for consumida em excesso (individualmente sem a glucose), a capacidade de absorção no TGI é ultrapassada, e ela atinge o intestino delgado distal e cólon em quantidades elevadas, o que pode provocar desconforto gastrointestinal como cólicas e diarreia²⁹. Além disso, este açúcar, quando em excesso, induz a glicação não enzimática, stress oxidativo e inflamação, podendo ainda, a nível do cérebro, diminuir a sensação de saciedade, aumentando, por isso, a tendência para ingerir mais alimentos⁴.

Os açúcares alcoólicos (por exemplo, manitol, sorbitol, xilitol ou maltitol), também designados por polióis, são álcoois derivados de açúcares (aldoses), por redução^{3,31}. Existem naturalmente em frutos, vegetais e em alguns alimentos fermentados^{5,33}. Ao contrário dos restantes adoçantes nutritivos, estes contribuem muito menos para o aporte calórico (0,2 a 2,7 kcal/g *versus* 4 kcal/g para açúcares “típicos”). A sua absorção é incompleta⁵, independente da insulina e mais lenta, sendo parte fermentada pela flora intestinal a nível do cólon, podendo atuar também como prebióticos³³. Como tal, os seus índices glicémicos são relativamente inferiores aos restantes açúcares e são usados em formulações de alimentos para diabéticos³³. Além disso, enquanto os outros açúcares nutritivos são cariogénicos, os polióis não provocam cáries. O seu poder adoçante inferior ao da sacarose, e propriedades de metabolização, permitem que sejam usados em quantidades superiores, podendo, por isso, ser considerados edulcorantes (adoçantes) e agentes de volume^{5,28,29}. Além do seu poder adoçante, os polióis contribuem para a redução da atividade da água, depressão crioscópica, não participam nas reações de *Maillard* (prevenindo assim acastanhamento indesejado), medeiam a cristalização de açúcares e ainda auxiliam na solubilização de sabores^{3,29,33}. No entanto, o seu uso deve ser controlado dado o seu potencial efeito laxante^{4,5,28}. Os polióis têm outra característica distintiva: a sua elevada entalpia de dissolução, que promove um efeito de arrefecimento aquando da dissolução²⁹, percecionado como frescura.

Tabela 3 - Índices glicémicos de alguns adoçantes nutritivos e respetivo poder adoçante (em relação à sacarose) (adaptado)^{5,32}.

Agente adoçante	Índice glicémico	Poder adoçante ^(a)
Sacarose	61-65	100
Lactose	46	20-40
Galactose	23	26
Glucose	100	50
Frutose	19-23	150 - 180
Xilitol	7-13	100
Manitol	0	50-72
Maltitol	35-52	85 - 90
Sorbitol	7 – 13	50-100
Tagatose	0	92

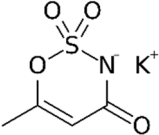
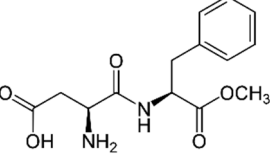
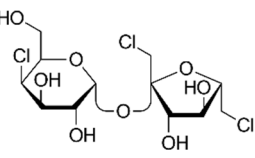
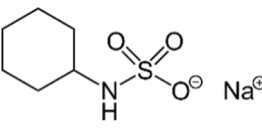
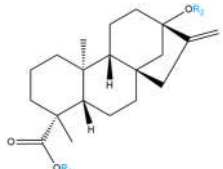
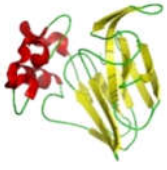
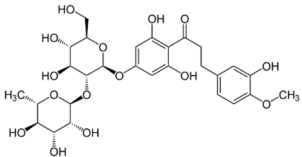
^(a) Doçura expressa relativamente à sacarose (com doçura relativa de 100).

Recentemente, tem havido algum destaque para o uso de monossacarídeos naturalmente presentes na natureza mas raros, como uma nova categoria de agentes adoçantes alternativos⁴, sendo a D-psicose, D-tagatose, D-sorbose e D-allose os mais estudados. Estes

açúcares são menos doces que a sacarose, não possuem *after-taste* e são menos calóricos pois não são metabolizados ou são-no em extensão muito inferior aos açúcares “comuns”⁴.

Os adoçantes não-nutritivos normalmente têm um poder adoçante muito superior aos adoçantes nutritivos. Têm uma contribuição para o aporte calórico e resposta glicémica nula ou desprezável^{3,28}. Não são cariogénicos e, devido às suas propriedades, são muito usados em dietas hipocalóricas ou para diabéticos³. Este tipo de adoçantes pode ter origem natural ou sintética (**Tabela 4**) e costuma apresentar, por norma, um *after-taste* pouco agradável que se nota aquando do consumo, pelo que a formulação deve ser adaptada para se tentar mascarar ao máximo estes sabores secundários^{5,28}. Além de eventuais impactos negativos no sabor do produto, podem ser instáveis em alguns processos de produção de alimentos e a sua utilização está restrita em relação à quantidade passível de ser adicionada, pelos valores recomendados de consumo diário (*Advised Daily Intake* - ADI)⁵. Além disso, há indícios de que os adoçantes não-nutritivos, especialmente os sintéticos, possam estar associados, paradoxalmente a aumento de peso⁴ e risco de diabetes tipo II⁵. Isto pode ser explicado pelo facto de ativarem respostas fisiológicas diferentes dos açúcares “naturais”, não promovendo o mesmo tipo de sensação de saciedade, isto é, podem resultar numa sensação de satisfação energética incompleta. Esta situação, por sua vez, pode contribuir para o aumento do apetite, havendo ainda riscos de habituação ao elevado poder adoçante, o que poderá promover uma maior dependência de açúcares⁵. Todavia, ainda não há consenso científico quanto a esta realidade, dado que os resultados dependem das condições nas quais os adoçantes são ingeridos em conjunto com outras fontes energéticas. É preciso ter ainda em conta que os diferentes segmentos da população que consomem alimentos com estes adoçantes podem integrá-los na sua dieta com objetivos distintos³⁴. As grávidas, lactantes, crianças, diabéticos e pessoas com enxaquecas ou epilepsia são um segmento da população ao qual se deve ter ainda mais atenção, devido à sua maior suscetibilidade a eventuais efeitos adversos deste tipo de adoçantes³⁴. Como tal, existe a necessidade de efetuar um elevado número de estudos adequadamente desenhados, planeados e controlados para se poder chegar a uma conclusão^{3-5,35,36}. No entanto, dadas as recomendações da OMS⁶, as empresas preferem adoçantes não-nutritivos a adoçantes nutritivos como mel ou xaropes, já que estes últimos são considerados açúcares adicionados²⁸.

Tabela 4 - Quadro sumário de alguns adoçantes não-nutritivos sintéticos (acesulfame K, aspartame, sucralose, ciclamato) e naturais (glicosídeos de esteviol, taumatina, neo-hesperidina di-hidrocalcona), permitidos na União Europeia (adaptado)¹⁻³.

Composto	Estrutura Química	Poder adoçante ^(a)	ADI ^(b) (mg/kg/dia)
Acessulfame K (E950)		150-200	9
Aspartame (E 951)		200	40
Sucralose (E 955)		400-800	5
Ciclamato (E 952)		30 – 80	11
Glicosídeos de esteviol (E 960) R ₁ = H, açúcares R ₂ = açúcares		300	4
Taumatina (E957)		2000	50
Neo-hesperidina di-hidrocalcona (E959)		1500	35

^(a) Poder adoçante usando a sacarose (poder adoçante=1) como termo de referência.

^(b) ADI=Advised Daily Intake

No caso de açúcares não-nutritivos sintéticos (acesulfame K, aspartame, sucralose...), a sua inocuidade é muito difícil de garantir, havendo vários estudos contraditórios no que diz respeito aos seus efeitos na saúde. Há, por isso, algumas reservas aquando da sua inclusão nos géneros alimentícios³, mas a sua utilização é permitida na União Europeia⁵, apesar de serem vistos de forma negativa pelo consumidor⁵. No caso de açúcares não-nutritivos de origem “natural” e permitidos na União Europeia, destacam-se a taumatina, a neo-hesperidina di-hidrocalcona e os glicosídeos de esteviol³. A taumatina é uma mistura de compostos tendo uma composição maioritária em proteínas, extraída da planta *Thaumatococcus danielli* Bennett. No entanto, não é possível com as condições climáticas e instabilidades regionais do local onde a planta cresce, produzir taumatina em quantidade suficiente para responder à procura da indústria. A neo-hesperidina di-hidrocalcona é um adoçante semi-natural, obtido por hidrólise de compostos de cascas de frutos “verdes” da planta *Citrus aurantium*. Este adoçante tem algumas limitações a nível de propriedades físico-químicas, que condicionam a sua utilização como a sua higroscopicidade razoável e solubilidade relativamente baixa à temperatura ambiente³. Os glicosídeos de esteviol são compostos terpenóides conjugados com açúcares, extraídos da planta *Stevia rebaudiana* Bertoni^{3,28}.

2.2.1.2 Glicosídeos de Esteviol - adoçantes naturais

Os glicosídeos de esteviol são originários das folhas da planta *Stevia rebaudiana* Bertoni, que é nativa da América do Sul e que tem elevado valor económico³⁷. Estas moléculas são 200 a 300 vezes mais doces que a sacarose^{31,38}. Recentemente, no 82.º Comité Misto FAO/OMS de Peritos em Aditivos Alimentares (JEFCA - Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives), estipulou-se que os glicosídeos de esteviol, mais especificamente o rebaudiosídeo A, podem também derivar a partir da fermentação de uma estirpe modificada de *Yarrowia lipolytica* a partir do uso de vários genes inseridos e expressos no organismo³⁸. Como, este dado é recente e ainda não se refletiu na legislação, na presente dissertação apenas serão apresentados os dados relativos aos glicosídeos de esteviol provenientes da planta *Stevia rebaudiana*.

Nas folhas de *Stevia rebaudiana* existem mais de trinta compostos, com a designação geral de glicosídeos de esteviol, em proporções variáveis consoante o genótipo e forma de cultivo da planta³⁷. A sua estrutura química é comum ao nível da cadeia carbonada básica diterpenóide (20 carbonos) tetracíclica (**Figura 3**) variando os açúcares ligados em dois pontos de ligação via ligação éster e acetálica (R1 e R2). Na **Tabela 5** estão listados possíveis grupos R1 e R2 presentes nos pontos de ligação, formando compostos diferentes e, por isso, com propriedades sensoriais distintas^{39,40}. O esteviosídeo e o rebaudiosídeo A existem normalmente em maior quantidade na folha relativamente aos restantes e são dos mais conhecidos e estudados^{37,39,40}.

É possível verificar pela análise da estrutura química que as ligações entre açúcares e, num dos pontos de ligação destes à aglicona (R_1), é por meio de ligações glicosídicas β , ligações que não são clivadas pelas enzimas do TGI humano, daí estes compostos não serem calóricos. São as β -glucosidases dos microrganismos do TGI que os degradam parcialmente, removendo as unidades de açúcar e deixando apenas o esteviol. Este último composto é absorvido e metabolizado no fígado originando um derivado excretável na urina⁴⁰. O consumo de glicosídeos de esteviol não tem efeito nos níveis glicémicos⁴¹, sendo o seu índice glicémico nulo³⁹.

Tabela 5 - Estruturas químicas dos glicosídeos de esteviol, permitidos pela legislação europeia em 2016 (adaptado)³⁷.

Designação do Glicosídeo de Esteviol	R_1	R_2
Esteviol	H	H
Esteviosídeo	Glc(β 1-	Glc(β 1-2)Glc(β 1-
Rebaudiosídeo A	Glc(β 1-	Glc(β 1-2)[Glc(β 1-3)]Glc(β 1-
Rebaudiosídeo B	H	Glc(β 1-2)[Glc(β 1-3)]Glc(β 1-
Rebaudiosídeo C	Glc(β 1-	Rha(α 1-2)[Glc(β 1-3)]Glc(β 1-
Rebaudiosídeo D	Glc(β 1-2)Glc(β 1-	Glc(β 1-2)[Glc(β 1-3)]Glc(β 1-
Rebaudiosídeo E	Glc(β 1-2)Glc(β 1-	Glc(β 1-2)Glc(β 1-
Rebaudiosídeo F	Glc(β 1-	Xyl(β 1-2)[Glc(β 1-3)]Glc(β 1-
Esteviolbiosídeo	H	Glc(β 1-2)Glc(β 1-
Rubusosídeo	Glc(β 1-	Glc(β 1-
Dulcosídeo	Glc(β 1-	Rha(α 1-2)[Glc(β 1-

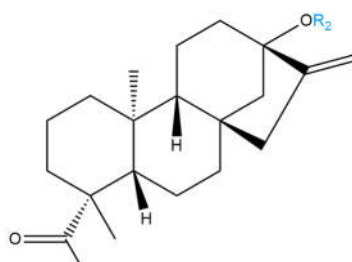


Figura 3 – Estrutura molecular geral de um glicosídeo de esteviol. À cadeia carbonada básica diterpenóide tetracíclica podem ser associados açúcares simples pelos pontos de ligação R_1 e R_2 .

Segundo o Regulamento (UE) 2016/1814⁴², os extratos comerciais de glicosídeos de esteviol podem conter até 10 glicosídeos de esteviol diferentes (esteviosídeo, rebaudiosídeos A, B, C, D, E e F, esteviolbiosídeo, rubusosídeo e dulcosídeo) (**Tabela 5**). No entanto o JEFCa, em 2016, já expandiu a definição para “qualquer mistura de compostos derivados das folhas de *Stevia rebaudiana* Bertoni desde que contenham uma cadeia carbonada de esteviol

*associada a um qualquer número e combinação de açúcares principais em qualquer orientação, que ocorram nas folhas da planta, como a glucose, ramnose, xilose, frutose e desoxiglucose*³⁸.

O uso de glicosídeos de esteviol, na forma de extratos de folha de *Stevia rebaudiana* Bertoni de elevada pureza, já é permitido pela *Food and Drug Administration* (FDA) desde 2008. Na Europa, foi permitido pela EFSA em 2011, tendo-lhe sido atribuído o número de aditivo alimentar E960². Esta aprovação ocorreu na sequência de uma avaliação a extratos purificados de glicosídeos de esteviol contendo pelo menos 95 % de esteviosídeo e/ou rebaudiosídeo A, a partir da qual a EFSA emitiu a sua opinião científica em relação à segurança deste novo aditivo alimentar⁴³. O levantamento exaustivo de estudos relativos a estes compostos e aos seus efeitos na saúde em humanos permitiu concluir que os glicosídeos de esteviol não são carcinogénicos, genotóxicos ou possuem qualquer toxicidade reprodutiva ou de desenvolvimento, tendo sido estipulada a ADI de 4 mg/kg/dia⁴³. Pode-se, pois, considerar que o consumo de glicosídeos de Esteviol é seguro^{38,43}. Existem artigos de revisão recentes que abordam esta temática e são fulcrais para desmistificar eventuais associações destes extratos a efeitos biológicos negativos⁴⁴. Efeitos nefastos na saúde foram, efetivamente, reportados mas são relativos ao uso direto da folha da *Stevia rebaudiana* ou extratos de *Stevia rebaudiana* em bruto (não purificados)⁴⁴, pelo que estas formas não são autorizadas⁴, nem são as mesmas que foram extensivamente estudadas e validadas pela EFSA ou pelo JEFCA.

Existem várias formas de extração dos glicosídeos de esteviol a partir da planta. No entanto, o único processo de extração aprovado pela regulamentação da União Europeia para os extratos comerciais consiste no esmagamento das folhas da planta, seguido de extração com água quente e recuperação dos compostos via extração alcoólica e purificação através de resinas de troca iónica³⁸, removendo compostos não doces da folha como pigmentos, proteínas, hidratos de carbono e polifenóis^{40,45}. Este processo deverá culminar num extrato seco com pelo menos 95 % de glicosídeos de esteviol. Este critério de tolerância existe porque a composição do extrato depende das condições de crescimento da planta e das condições do processo (temperatura, pH, tipo de coluna). Nos restantes 5 % poderão existir ainda açúcares em quantidades residuais, além daqueles que estão associados à aglicona de esteviol³⁸.

Nas folhas de *Stevia rebaudiana* Bertoni existem também compostos minoritários com cadeias carbonadas semelhantes às do esteviol mas com ligeiras variações³⁷. Contudo, os glicosídeos de esteviol são considerados os compostos presentes na folha que exibem maior doçura, tendo-se comprovado que cada parte da molécula de esteviol se revela necessária para conduzir ao sabor doce quando esta é glicosilada convenientemente, uma vez que, o padrão de glicosilação, por sua vez, também influencia o sabor³⁹. Uma característica dos glicosídeos de esteviol é que ativam simultaneamente os recetores de doçura e de amargura da língua, pelo que as características moleculares responsáveis pela doçura necessariamente vão ser as mesmas que contribuem para a perceção de amargura. A maioria dos glicosídeos

de esteviol, principalmente o esteviosídeo, rubusosídeo, e dulcosídeo apresentam alguma amargura e adstringência, o que provoca um sabor duradouro metálico após o consumo⁴⁰. Mais concretamente, o rebaudiosídeo A e o esteviosídeo apresentam limiares de percepção de doçura de 8,3 μM e 11,1 μM , respetivamente, e limiares de percepção de amargura de 194 μM e 112 μM , respetivamente⁴⁶. Isto explica a pertinência de estudos no sentido de converter enzimaticamente esteviosídeo em rebaudiosídeo A (diferem a nível de composição química num único grupo glicosilo)⁴⁷, (**Tabela 5**), por este último ter propriedades mais atrativas para a inclusão em formulações: mais estável, mais doce e com melhor perfil de paladar^{39,46}. Todavia, é importante salientar que a percepção dos sabores associados a glicosídeos de esteviol é variável na população nomeadamente na sensação do *after-taste* amargo/metálico⁴⁰.

É possível minimizar a amargura ou o sabor metálico recorrendo a técnicas como a microencapsulação, utilização de intensificadores ou modificadores de sabor ou a ainda a modificação enzimática dos glicosídeos de esteviol para os converter em formas químicas com perfil sensorial mais adequado^{39,40,48}. Esta temática é objeto de estudo por parte de muitas empresas, especialmente as de aditivos alimentares, pelo que existem patentes envolvidas na produção de extratos comerciais de glicosídeos de esteviol⁴⁰ com sabores mais equilibrados, mais doces e com o mínimo *after-taste* possível.

Os glicosídeos de esteviol não são alterados durante os processos de extração e purificação comerciais⁴⁵, podendo, por isso, ser considerados como adoçantes não-nutritivos naturais. A aferição da estabilidade dos glicosídeos de esteviol em diversas matrizes de alimentos é pertinente para averiguar se existe algum tipo de degradação que conduza a perda de doçura ou que origine produtos de decomposição potencialmente tóxicos ou com sabores desagradáveis. A matriz dos gelados foi uma das várias matrizes estudadas⁴⁹, estando os resultados obtidos de acordo com o que foi revisto pelo 82.º JECCA que descreve os glicosídeos de esteviol como razoavelmente estáveis termicamente e hidroliticamente estáveis para o uso de alimentos, em condições normais de processamento e armazenamento³⁸.

2.2.1.3 Sinergia: edulcorantes de elevado poder adoçante e agentes de volume

Os edulcorantes são definidos como substâncias utilizadas para conferir um sabor doce aos géneros alimentícios ou utilizadas nos edulcorantes de mesa. Açúcares como sacarose, frutose, glucose ou xarope de milho rico em frutose não são considerados edulcorantes (aditivos alimentares), mas ingredientes³. Em produtos como bebidas, em que o açúcar assume apenas uma função de adoçante, é relativamente simples a sua substituição total por edulcorantes. No entanto, noutros alimentos como gelados, produtos de padaria, pastelaria ou bolos, o açúcar tem outras funcionalidades além de conferir sabor doce. Neste tipo de produtos,

nas formulações com teor em açúcar diminuído existe geralmente uma sinergia entre adoçantes não-nutritivos e agentes de volume.

Quimicamente, os agentes de volume são oligo- ou polissacarídeos não digeríveis, ou seja, hidrocolóides. Os polissacarídeos de elevado peso molecular como a celulose, alguns polissacarídeos das paredes celulares das plantas com propriedades e estruturas semelhantes à celulose (hemicelulose) e as pectinas, não são adequados dada a sua menor solubilidade e elevada viscosidade. Os polióis além da função edulcorante podem atuar como agentes de volume. Os agentes de volume não contribuem significativamente para o teor energético total comparativamente ao açúcar e, podem assumir propriedades prebióticas^{28,50}. Contribuem para a doçura numa extensão que pode ser menor pois têm, geralmente, um poder adoçante muito baixo. Devem ser selecionados de forma a não afetar o sabor ou viscosidade do produto, uma vez, que em excesso, atuam como espessantes e podem produzir texturas tipo “goma” ou demasiado viscosas²⁸. Além disso, podem contribuir para mascarar certos sabores, o que é relevante em combinações com adoçantes não-nutritivos que apresentem *after-taste*²⁸.

Os agentes de volume podem ser utilizados para compensar algumas funcionalidades dos açúcares em certos tipo de produtos, especialmente se estes tiverem sido substituídos por edulcorantes de elevado poder adoçante que precisam apenas de estar presentes em quantidades mínimas para conferir a doçura desejada^{28,50} e também porque o seu teor máximo permitido em alimentos é muito baixo⁵. Neste sentido, existem vários tipos de agentes de volume comercialmente disponíveis e desenvolvidos de forma a proporcionar flexibilidade para as mais variadas formulações de produtos com teor reduzido de açúcar ou até sem açúcares adicionados⁵⁰. Salienta-se que, o facto de haver necessidade de adicionar agentes de volume, se poderá traduzir num produto com um valor calórico não muito diferente ou até superior ao da formulação inicial²⁸. Diferentes agentes de volume têm diferente poder adoçante e distinto valor calórico e índices glicémicos, pelo que a escolha deve ser feita em função dos objetivos definidos para o produto^{28,50}.

2.2.2 Utilização de ingredientes vegetais como alternativa a ingredientes animais

O leite e seus derivados contribuem com uma série de componentes com funcionalidades relevantes no processo de produção do gelado (gordura, lactose, sais ou proteínas, por exemplo) e são por isso ingredientes de base muito comum nas formulações^{11–13}. Uma formulação típica de gelado inclui ingredientes, nomeadamente leite de vaca como fonte principal de água da formulação, natas ou manteiga como fontes de gordura (animal) e leite em pó, leite condensado, leite evaporado, leiteiro ou soro concentrado ou seco como fontes de sólidos não gordos do leite^{11,12}.

A gordura do leite tem propriedades que permitem que ocorra coalescência parcial ótima durante o congelamento, permitindo a criação da microestrutura necessária para a introdução de ar^{11,12}. As proteínas lácteas, pelas suas propriedades de emulsificação e estabilização de bolhas de ar, também contribuem para a obtenção de gelados com propriedades organoléticas desejáveis¹³. Todavia, é possível utilizar ingredientes alternativos ao leite e seus derivados, como óleos, bebidas vegetais ou proteínas vegetais e produzir um gelado equiparável às versões “lácteas”^{11–13}.

2.2.2.1 Gordura animal e vegetal em formulações de gelados

Existem cinco fatores a contabilizar aquando da escolha da fonte da gordura para um gelado: 1. taxa de cristalização; 2. estrutura cristalina; 3. perfil de fusão (quantidade de gordura líquida e sólida em função da temperatura¹¹) a temperaturas de refrigeração e congelação; 4. teor em triacilglicerídeos que fundem a temperaturas relativamente altas (responsáveis por sabores cerosos, gordurosos) e, por último, 5. o sabor e pureza¹². Contudo, o critério principal para a escolha da fonte de gordura para a formulação de um gelado é que esta seja predominantemente sólida na gama de temperaturas de -5 °C a 5 °C podendo, por isso, contribuir para o corpo, textura e estrutura do produto¹².

A gordura do leite é composta maioritariamente por triacilglicerídeos (98%), contendo ainda fosfolípidos, diacilglicerídeos, monoacilglicerídeos, colesterol, ésteres de colesterol e vitaminas lipossolúveis como componentes minoritários. O perfil lipídico do varia com a raça, animal, nutrição entre outros fatores²⁷. O leite de vaca contém inúmeros ácidos gordos diferentes, sendo maioritários os ácidos gordos saturados pares (C4:0 - C18:0) e o ácido oleico (C18:1). O leite de bovino tem uma concentração relativamente elevada de ácidos gordos de cadeia curta e média e uma concentração menor de ácidos gordos polinsaturados²⁷. A 4 °C, dois terços da gordura do leite é sólida^{12,27}. O perfil de fusão da gordura do leite de vaca faz com que seja predominantemente sólida na gama de temperaturas -5 a 5 °C, intervalo no qual a estrutura tridimensional da gordura do gelado é formada com o congelamento¹¹.

O tipo de ácidos gordos, nomeadamente o comprimento da cadeia do ácido gordo e a insaturação (número de ligações duplas e sua configuração: *cis* ou *trans*) influenciam as propriedades da gordura. Ao contrário da gordura do leite, com um perfil lipídico variado, predominantemente saturado e rico em ácidos gordos de cadeias mais curtas²⁷, as gorduras vegetais são muito limitadas relativamente à variedade de ácidos gordos³⁰. É possível fabricar gelados com gordura vegetal, sendo o processo similar ao usado para gelados com laticínios bem como a formulação, resultando num produto com qualidade comparável a nível de textura, propriedades físico-químicas e resistência ao derretimento¹². As gorduras vegetais mais usadas na produção de gelado são o óleo de palma, óleo de semente de palma e óleo de coco.

Contudo, existem limitações quer do ponto de vista nutricional (o óleo de coco tem elevado teor de gordura saturada, por exemplo), ou do ponto de vista do consumo do gelado¹² (o óleo de palma é parcialmente sólido a 35°C sendo a temperatura da boca 37 °C podendo sentir-se uma textura oleosa)^{11,30}. As gorduras vegetais contribuem menos para o sabor, comparativamente à gordura do leite. No entanto, pela sua degradação podem gerar sabores indesejáveis¹². Como tal, é comum a utilização de misturas de óleos na produção de gelados para colmatar as limitações individuais de cada um^{11,12}.

2.2.2.2 Aplicação de ingredientes de origem vegetal em gelados

O consumo de bebidas vegetais como alternativa ao leite de origem animal tem vindo a aumentar nos últimos anos. Todavia, o leite e seus derivados são nutricionalmente distintos de bebidas derivadas de plantas cujo perfil nutricional é altamente variável consoante a variedade da planta ou o tipo de processamento⁵¹. O efeito do consumo de bebidas à base de soja, amêndoa, arroz, aveia, coco e a sua contribuição benéfica para a saúde ainda se encontra em estudo. Além disso, existem poucos estudos que analisam os produtos comercialmente disponíveis⁵¹, uma vez que, geralmente, a produção da bebida é feita diretamente a partir da matéria-prima para efeitos da investigação.

Na literatura, encontram-se já descritas formulações à base de bebidas alternativas ao leite (**Tabela 6**), como a bebida de coco, bebida de arroz, ou bebida de soja, bem como a combinação de diferentes bebidas: soja e coco ou leite de vaca e soja. A alteração do tipo de ingredientes implica que surjam algumas limitações no desenvolvimento de gelados sem quaisquer derivados do leite, nomeadamente a nível das proporções dos ingredientes, pelo que as formulações devem ser reequilibradas e repensadas^{11,12}. A bebida de arroz é uma bebida vegetal com um teor proteico inferior ao leite de vaca, pelo que, a substituição integral do leite de vaca por esta bebida deve ser compensada de outra forma na alimentação para não promover deficiências proteicas na dieta. Além disso, bebidas deste género costumam possuir elevados teores de arsénico inorgânico⁵¹. Gelados à base de bebida de arroz e *leite* de coco, por exemplo, apresentaram valores positivos em análises sensoriais com propriedades físico-químicas melhoradas pela adição de arroz cozido à mistura (aumento da viscosidade, diminuição da taxa de derretimento e do sabor a arroz)⁵².

Tabela 6 - Estudos na literatura relativos à formulação de gelados com ingredientes alternativos aos típicos derivados do leite^{26,52,65,66,57-64}.

Fonte principal de água	Fonte de gordura	Fonte de Sólidos não gordos ou de Sólidos Substitutos Não Gordos
Bebida de soja	Natas, óleo de sésamo	Leite em pó sem gordura
Bebida de soja e <i>leite</i> de coco ^(b) (17,5% de gordura)	<i>Leite</i> de coco ^(b) (17,5% de gordura)	<i>Farinha de tapioca</i> ^(a)
Bebida de soja	Natas	Leite em pó
Leite de vaca	Chantilly	Proteína de soja e /ou leite em pó
Leite de vaca	Natas	Extrato de soja e leite em pó
Bebida de soja	Manteiga	Leite em pó
Bebida de coco ^(b)	Manteiga	Leite em pó
Leite de vaca e bebida de soja	Manteiga	Leite em pó
<i>Leite</i> de coco ^(b) (8% de gordura) e bebida de soja	Manteiga	Leite em pó
<i>Leite</i> de coco ^(b) (24 % de gordura)	<i>Leite</i> de coco ^(b) (24 % de gordura)	<i>Extrato de feijão-mungo</i> ^(a)
<i>Leite</i> de coco ^(b) (19 % de gordura)	<i>Leite</i> de coco ^(b) (19 % de gordura)	Derivado do <i>leite</i> , não especificado
<i>Leite</i> de coco ^(b) (19 % de gordura)	<i>Leite</i> de coco ^(b) (19 % de gordura)	Extrato seco de SNGL não especificado
<i>Leite</i> de coco ^(b) (19 % de gordura)	<i>Leite</i> de coco ^(b) (19 % de gordura) e/ou substituto de gordura	Leite em pó
Bebida de arroz	<i>Leite</i> de coco (17,5 % de gordura)	<i>Gelatina</i> ^(a)
Água	Óleo de coco	Leite em pó

^(a)Não se encontra especificado que foi usado como fonte de sólidos substitutos não gordos.

^(b) Apesar de na língua inglesa não haver distinção entre *leite* de coco ou bebida de coco, neste caso, considera-se como *leite* de coco uma bebida de coco com elevado teor lipídico (>2,5 %).

A bebida de soja é uma alternativa ao leite de vaca, nutritiva e economicamente rentável. O seu teor proteico é comparável⁵³, sendo uma fonte de proteína vegetal que contém todos os aminoácidos essenciais⁵⁴. A nível de açúcares o perfil é diferente: teor diminuído em relação ao leite de vaca, não possui lactose e a maioria dos açúcares existe na forma de oligossacarídeos, fracamente digeridos e que, por isso, podem apresentar um potencial efeito prebiótico. A bebida de soja apresenta baixo teor em gordura saturada (10-15%) e contém ácidos gordos essenciais⁵⁴. Produtos à base de soja são benéficos para a saúde da população em geral e particularmente adequados para indivíduos diabéticos e com intolerância à lactose^{54,55}. Apesar dos reconhecidos benefícios da soja, desde a diminuição do risco de doença cardiovascular, cancro da próstata e mama, alívio de sintomas da menopausa, entre

outros, surgiu uma controvérsia, derivada de estudos em animais, relacionada com a presença de isoflavonas, que poderiam potencialmente exercer efeitos negativos na saúde em grupos de risco. Apesar da EFSA reconhecer que as isoflavonas da soja não têm efeitos adversos na mama, tiróide ou útero em mulheres na menopausa⁵⁴, o consumo de isoflavonas da soja deve ser feito com precaução no caso de indivíduos portadores de cancro de mama dependente de estrogénios^{54,56}. A variedade de soja a partir da qual é produzida a bebida de soja pode condicionar as propriedades de um gelado de soja, que sensorialmente apresenta um sabor a “grão” de soja, uma particularidade que condiciona a aceitabilidade deste tipo de produto⁵⁷. Ao nível de aceitabilidade sensorial, bem como de propriedades físico-químicas, os melhores resultados foram obtidos quando a substituição do leite de vaca por bebida de soja foi apenas parcial (50 %)⁵⁸. Apesar de apresentarem características semelhantes a gelados à base de leite, os gelados à base de bebida de soja (100 %) apresentam ainda algumas limitações que os tornam sensorialmente menos atrativos relativamente aos de leite de vaca^{57,58}.

Atualmente, as bebidas de coco existentes para consumo regular como alternativas ao consumo de leite de vaca têm um teor em gordura reduzido, pelo que o uso deste tipo de bebidas em gelado não terá o mesmo efeito que a utilização de *leite* de coco, matéria-prima usada em várias formulações^{26,59,63,66}. Desta forma, apesar de na língua inglesa não se fazer a distinção entre “bebida de coco” e “*leite* de coco”, na presente dissertação considerar-se-á como bebida de coco produtos em que o teor em gordura seja inferior a 2,5 %. O *leite* de coco é também uma matéria-prima de origem vegetal e de digestão fácil. Além disso, permite potenciar sabores e aromas em variados produtos⁵³. Contém um teor em gordura superior à bebida de soja e leite de vaca⁵³, sendo o perfil da gordura rico em ácido láurico (C12:0), mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0) e em outros ácidos gordos de cadeia média, tendo uma componente minoritária de ácidos gordos insaturados (ácido oleico e ácido linoleico)^{11,53}.

Além das bebidas vegetais como ingredientes em gelados, encontra-se descrito na literatura o uso de *leite* de coco, à semelhança de óleos vegetais como o óleo de coco ou sésamo, como fontes de gordura vegetal^{26,58,59,64–66}. No caso do *leite* de coco, dada a percentagem relativamente baixa de gordura em relação aos óleos vegetais, é possível que este atue como fonte simultânea de água e gordura, estando descrita a produção de gelados unicamente à base de *leite* de coco (24 % de gordura) enquanto fonte simultânea de água e gordura, para além de extrato de feijão-mungo e de açúcar. O extrato de feijão-mungo tem a capacidade de estabilizar emulsões e espumas, propriedade importante, especialmente em gelados sem derivados do leite⁶³. O *leite* de coco deve ser consumido com cautela por indivíduos com obesidade, doenças cardiovasculares ou hipertensão, dado o seu elevado teor em gordura com um perfil predominantemente saturado^{11,12}. Quando usado em gelados poderá ser combinado com substitutos de gordura (à base de polissacarídeos ou proteínas) para

mimetizarem algumas das funcionalidades-chave da gordura, fulcrais para a aceitabilidade do gelado, permitindo obter um produtos com teor em gordura reduzido²⁶.

É também possível desenvolver produtos com propriedades organoléticas atrativas combinando leite de vaca com bebidas de origem vegetal ou ainda diferentes bebidas vegetais entre si⁶¹. Encontra-se reportado que, quanto maior a percentagem de bebida de soja em formulações com leite de vaca, maior a viscosidade da mistura, sabor a grão de soja e mais escura se torna a cor do gelado, o que vai diminuindo a aceitabilidade do produto⁶¹. Combinações de bebida de soja com *leite* de coco originam produtos aceitáveis mas, geralmente, inferiores no que concerne a textura, cor e sabor, quando comparados com as versões com leite de vaca⁶¹.

Adicionalmente, para o desenvolvimento de gelados sem quaisquer ingredientes de origem animal, é necessário adequar igualmente a fonte de SNGL para equivalentes de origem vegetal. Como tal, encontra-se reportada a utilização de proteínas de soja^{60,62} ou até de farinha (arroz, avelã, tapioca...^{59,67,68}) que podem atuar como potenciais fontes de Sólidos Substitutos Não Gordos. A variação do tipo de proteínas na mistura de gelado afeta necessariamente a extensão da coalescência parcial¹². Por exemplo, como as proteínas de soja estabilizam melhor as gotículas de gordura do que as proteínas do leite, a quantidade de gordura desestabilizada será menor e, como tal, as propriedades do gelado serão diferentes¹¹. A escolha das proteínas vegetais deve ter, por isso, em conta as propriedades de emulsificação, de estabilização de espumas e da sua interação com a água na mistura.

2.3 Escolha de ingredientes

2.3.1 Gelados sem adição de açúcares

Analisando a legislação em vigor, (Regulamento (CE) n.º 1924/2006), relativa a alegações nutricionais e de saúde sobre alimentos⁶⁹, é possível verificar que a alegação “sem adição de açúcares” é menos exigente em termos de formulação que a definição “sem açúcar”. O conceito “açúcar adicionado” corresponde a sacarose, frutose, glucose, hidrolisados de amido ou outras preparações de açúcares usadas como tal ou adicionadas durante a produção de alimentos^{5,28}, não havendo propriamente uma definição universal para este conceito pela inexistência de um método analítico capaz de diferenciar açúcares naturalmente presentes de açúcares adicionados²⁸.

Num gelado “sem açúcar”, este ingrediente apenas pode estar presente numa quantidade máxima de 0,5 g por cada 100 g ou 100 mL de produto. Este valor é muito difícil de alcançar usando derivados lácteos (leite, natas, leite em pó...) na formulação do gelado, que possuem lactose na sua composição. Já num gelado “sem adição de açúcares” pressupõe-se que o mesmo não tenha adição de monossacarídeos ou dissacarídeos ou qualquer alimento que tenha sido usado pelas suas propriedades edulcorantes⁶⁹. A formulação não poderá conter, por isso, ingredientes como a sacarose, glucose, frutose ou açúcar invertido, tipicamente usados pelas suas propriedades edulcorantes. No entanto, poderá conter agentes adoçantes alternativos como polióis ou açúcares não-nutritivos, que não se enquadram na definição de “açúcares”, sendo classificados como edulcorantes, ou seja, como aditivos alimentares. Adicionalmente, a definição definida pela legislação não é impeditiva da utilização de ingredientes que contenham açúcares na sua composição, desde que estes ingredientes não sejam usados pelas suas propriedades edulcorantes, como o caso do leite (5 % de açúcar¹⁴) e seus derivados. O leite em pó, por exemplo, apesar de ser composto por cerca de 54 % de lactose, é utilizado tipicamente como fonte principal de sólidos não gordos do leite, nomeadamente proteínas lácteas (caseínas e proteínas do soro) fundamentais ao processo de produção do gelado¹³. Como tal, não existem obstáculos à utilização de leite em pó ou análogos com a mesma função tecnológica (fontes de SNGL) como caseinatos de sódio ou lactossoros¹¹⁻¹³ em gelados “sem adição de açúcares” desde que, por precaução, a rotulagem evidencie a menção “Contém açúcares naturalmente presentes”⁶⁹, e neste caso em específico “Contém lactose”. Pelas razões acima apresentadas, não se encontra, por isso, previsto na legislação qualquer valor de referência para o teor em açúcar máximo que o produto deva conter para possuir a alegação “sem adição de açúcares”.

A combinação de vários agentes adoçantes, incluindo ainda agentes de volume é uma abordagem reportada em múltiplos artigos da literatura relativos a gelados e que se revela vantajosa pela sinergia entre os vários componentes^{28,32,65,66}. É usual combinar edulcorantes

de elevado poder adoçante, e que por isso, são usados em quantidades vestigiais com outros agentes adoçantes de poder adoçante inferior, como os polióis, de forma a compensar a porção da formulação relativa a este tipo de ingredientes^{5,28}, sendo ainda a estratégia mais eficiente para substituir/reduzir o teor em açúcar na indústria alimentar atual²⁸. Adicionalmente, a suplementação de açúcares com adoçantes não-nutritivos permite diminuir o teor em açúcar do alimento, mas ao mesmo tempo a existência de nutrientes “normais” para o organismo proporciona estímulos sensoriais que despoletam respostas metabólicas e de saciedade adequadas, que poderiam não ser desencadeadas se houvesse substituição total dos açúcares por estes edulcorantes de elevado poder adoçante⁵. Como diferentes tipos de agentes adoçantes têm índices glicémicos (IG) distintos, quando comparados com a glucose (IG=100)⁵, estes valores devem ser tidos em consideração aquando da escolha dos agentes adoçantes “substitutos” (**Tabela 3**).

Como os glicosídeos de esteviol dentro dos adoçantes não-nutritivos se destacam pela sua origem natural³, a sua utilização é vantajosa do ponto de vista do consumidor em relação aos sintéticos. Porém, dado que o seu *after-taste* amargo/metálico^{40,46} interfere negativamente com o perfil sensorial do produto, a escolha do sabor e outros ingredientes é importante para contrabalançar esta limitação e melhorar a aceitabilidade global do produto. Dentro dos vários tipos de glicosídeos de esteviol, o rebaudiosídeo A (**Figura 4A**) destaca-se por ser o mais doce e possuir um limiar de perceção de amargura relativamente elevado^{39,46}, e por isso, menor é a perceção do *after-taste*. Além disso, este rebaudiosídeo é uma molécula que apresenta doçura aumentada com diminuição da temperatura, mediada por alterações conformacionais⁷⁰, sendo o seu uso em gelados um excelente aproveitamento desta propriedade.

Na literatura já existem alguns estudos no sentido do desenvolvimento de gelados incluindo glicosídeos de esteviol na sua formulação. Na **Tabela 7** encontram-se resumidos os aspetos principais de experiências de formulação de gelados (usando derivados lácteos) com “*stevia*” (designação atribuída na literatura aos glicosídeos de esteviol). No entanto, composição dos extratos comerciais é variável e pode não estar de acordo com a norma europeia. Além disso, as percentagens usadas em algumas formulações ultrapassa os 0,02 % permitidos pela regulamentação europeia para gelados². As estratégias usadas variam entre substituições totais ou parciais do açúcar na formulação com ou sem ajuste da formulação.

Os efeitos da adição de glicosídeos de esteviol a gelados são muito variáveis entre formulações individuais (com formulação, ingredientes e processos de produção específicos) dada a complexidade da mistura. O estabelecimento de associações entre componentes e propriedades físico-químicas e sensoriais do gelado muitas vezes é feita de forma empírica. De uma forma geral, a utilização de glicosídeos de esteviol diminui o teor calórico dos gelados^{71,72}, °Brix⁷¹, Total de Sólidos (TS)⁷² e viscosidade⁷³ e resulta em gelados mais duros⁷⁴, observações expectáveis perante a diminuição do teor em açúcar. A nível sensorial, os resultados mais

satisfatórios são aqueles em que este agente adoçante é combinado com açúcar⁷¹ (substituição parcial) ou outro tipo de ingredientes com forte influência no sabor, como o cacau⁷³ ou café⁷².

Tabela 7 - Estudos na literatura relativos à formulação de gelados, com “stevia”^{71–74}.

Sabor	Tipo de Gelado	Características do adoçante <i>Stevia</i>	Estratégia em relação ao açúcar*	% de adoçante <i>Stevia</i> na formulação	
Neutro Cacau	Teor em açúcar reduzido	Extrato comercial em pó	Substituição total sem ajuste da formulação	0,04 %	
Café Mistura de sabores (morango, baunilha e ananás)	Teor em açúcar reduzido	Extrato comercial em pó	Substituição total sem ajuste da formulação	2,25 % 2,50 %	
Baunilha	Teor em açúcar reduzido	Extrato comercial em pó - 98% em rebaudiosídeo A	Substituição total com ajuste da formulação	0,6 % 1,1 %, 1,7 %	
Baunilha	Índice Glicémico reduzido	Extrato comercial - 90% de pureza	Substituição parcial ou total sem ajuste da formulação	Combinação com sacarose	0,02 % 0,04 % 0,07 %
				Apenas <i>Stevia</i>	0,11 %

*considera-se “ajuste da formulação” uma compensação do teor em açúcar com outro(s) ingrediente(s).

No desenvolvimento de um sistema de agentes adoçantes num gelado é preciso ter em conta a doçura pretendida, sabor, depressão crioscópica e contribuição para o total de sólidos³². No caso dos gelados, o açúcar é importante para a doçura, intensificação de sabor e para o controlo do ponto de congelação da mistura, o que influencia as propriedades finais do gelado, nomeadamente a textura e resistência ao derretimento^{11,12}. O seu papel no controlo do ponto de congelação da mistura faz com que o açúcar assuma uma importância fulcral na dureza do gelado^{11,12} e que durante a congelação se formem pequeníssimos cristais de gelo que são fundamentais para a perceção da textura como cremosa e suave²⁸. A remoção de açúcar da formulação de um gelado resulta em produtos menos doces e também mais duros devido à ausência de depressores crioscópicos. Os gelados têm ainda maior quantidade de gelo pois têm uma maior fração de água livre e, por isso, congelável¹¹. Como tal, é expectável que, substituindo a totalidade da porção de açúcares pela quantidade vestigial de glicosídeos de esteviol necessária para equiparar a doçura, o gelado apresente uma dureza excessiva após

endurecimento e armazenamento (-18 °C). Este tipo de gelados teria viabilidade comercial se fossem para consumir pouco tempo após sair da produtora de gelados, que equivale a uma temperatura de serviço de -5 °C a -6 °C¹¹. Como o modelo de negócios da Fabridoce consiste na venda de gelados após endurecimento e armazenamento a -18 °C, tornou-se imperativa a escolha de outro agente adoçante para atuar como fonte de solutos para se atingir uma depressão crioscópica satisfatória e, por isso, se obter um gelado com dureza aceitável.

Os polióis, por exemplo, são açúcares nutritivos com um perfil de doçura semelhante à sacarose²⁸ podendo auxiliar a mascarar o *after-taste* dos glicosídeos de esteviol, e ainda atuar como agentes de volume^{5,28} e depressores crioscópicos. A sua função de “agentes de volume” resulta do facto de terem um poder adoçante relativamente baixo, e nessa medida, poderem ser usados em quantidades maiores^{4,5,28}. Existem sete açúcares alcoólicos definidos como adoçantes nutritivos: sorbitol (E420), manitol (E421), isomalte (E953), maltitol (E965), lactitol (E966), xilitol (E967) e eritritol (E968). Os polióis não têm teor máximo recomendado previsto na legislação, sendo o seu teor regulado pelo critério *quantum satis* que significa que “não é especificado qualquer teor numérico máximo e que as substâncias são utilizadas em conformidade com as boas práticas de fabrico, em quantidade não superior ao necessário para atingir o objetivo pretendido e desde que o consumidor não seja induzido em erro”^{1,75}.

O maltitol (E965) (**Figura 4B**) é um dissacarídeo de glucose e glucitol (sorbitol), unidos por uma ligação glicosídica (acetálica). O maltitol é obtido por hidrólise, redução e hidrogenação do amido³. Este poliol destaca-se dos restantes pela sua doçura relativamente elevada (0,9) e perfil de doçura mais semelhante à sacarose, com um valor calórico relativamente baixo (2,1 kcal/g *versus* 4 kcal/g em açúcares)³³ e menor efeito de frescura^{29,33}. Apesar de não ser o poliol com menor índice glicémico³³, é dos que tem menor efeito laxante^{32,33}. Os efeitos laxantes para o maltitol são observados excedendo 100 g por dia¹². Segundo a legislação⁷⁶, caso o género alimentício possua mais que 10 % de polióis autorizados, tem de se mencionar na rotulagem que “o seu consumo excessivo pode ter efeitos laxantes”.

Na literatura já se encontram reportados estudos a gelados com maltitol como substituto total da sacarose, resultando a substituição em produtos com propriedades organoléticas próximas das versões com açúcar, e boa aceitabilidade para o consumidor⁷⁷, não afetando significativamente as propriedades sensoriais ao nível de textura durante o tempo de armazenamento⁷⁸. Encontra-se reportada na literatura a combinação de polióis nomeadamente maltitol e eritritol com glicosídeos de esteviol como uma boa estratégia na formulação de gelados sem prejudicar a consistência na boca, sabor ou textura⁷⁹.

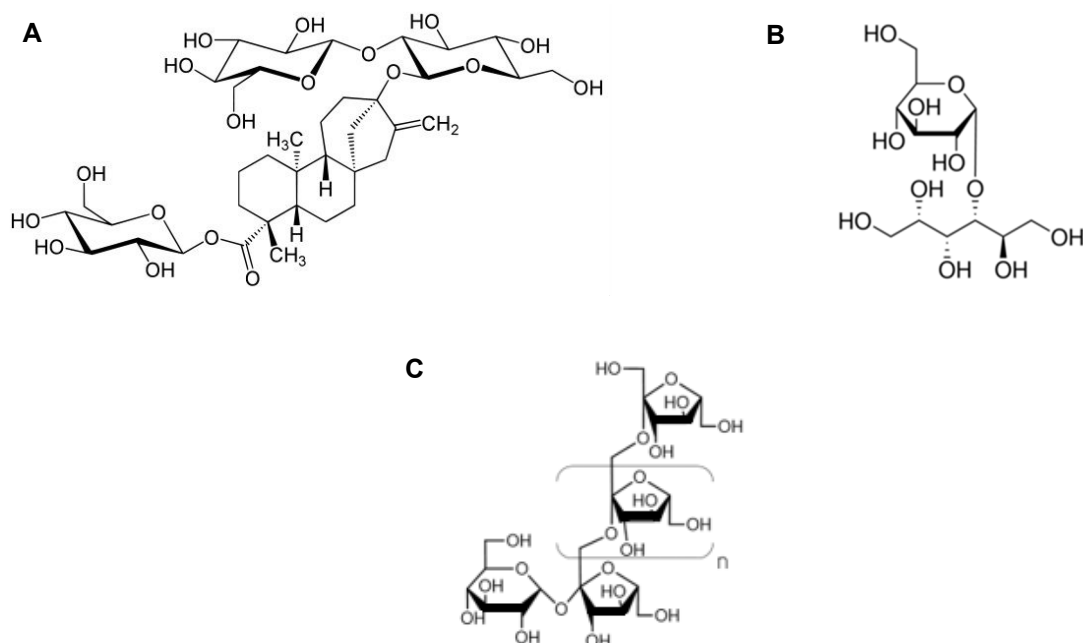


Figura 4 - Estrutura química do rebaudiosídeo A (A), do maltitol (B), e da inulina (C).

A inulina (**Figura 4C**) também tem sido utilizada em formulações de gelados sem adição de açúcares ou com teor em açúcar reduzido pelas suas propriedades de mascarar sabores⁵⁰, efeitos reportados de controlo de processos de recristalização de gelados pela inibição da formação de cristais de gelo^{80–82}, índice glicémico negligenciável, por ser fibra solúvel e pelo facto de ter um potencial efeito prebiótico⁵⁰. Apesar de ser tipicamente usada como substituto de gordura em gelados^{23–25,83}, este tipo de ingrediente também pode ser usado para substituição de açúcar²⁸. A inulina comercialmente disponível possui, em média, um grau de polimerização médio de 10⁵⁰. O seu consumo não deve exceder os 20 g/dia^{50,84,85}, uma vez que o consumo de fibra solúvel em excesso pode provocar desconforto gastrointestinal. Além das propriedades atrativas acima mencionadas, segundo o Regulamento (CE), N.º 1333/2008 é ainda classificada como ingrediente alimentar e não como aditivo⁷⁵. Também a utilização de frutooligossacarídeos (FOS) em combinação com polióis está descrita como forma de gerar produtos de baixo valor glicémico³³, contendo também propriedades prebióticas ao substituir parcialmente o açúcar⁸⁶.

O uso de ingredientes com potencial efeito prebiótico poderá ser vantajoso, dado que o consumo de prebióticos na dieta foi associado a diminuição de saciedade e reduções na glucose pós-prandial e concentrações de insulina⁸⁷, apesar de serem ainda necessários mais estudos, de maior dimensão e de maior duração para se poder estabelecer uma relação causal fundamentada⁸⁷.

2.3.2 Gelados sem ingredientes de origem animal

Com base no levantamento de literatura realizado nas secções anteriores, encontram-se na **Tabela 8** as opções de ingredientes para o desenvolvimento de um gelado sem ingredientes de origem animal.

Tabela 8 - Ingredientes que poderão substituir os derivados de origem animal tipicamente usados em formulações de gelados (a sombreado estão as opções estudadas durante a dissertação)

Substituto de leite	Substituto de gordura animal	Substituto de fontes de SNGL
Bebida de coco (<i>leite</i> de coco)	Óleo de palma	Proteína de soja
Bebida de soja	Óleo de coco	Farinha de tapioca* (ou outras)
Bebida de arroz	Óleo de sésamo	
	<i>Leite</i> de coco	
	Natas de origem vegetal	

* em combinação com uma fonte de proteína vegetal.

As gorduras de origem vegetal já têm sido, recorrentemente, utilizadas como fontes de gordura em gelados na Europa, Ásia e América Latina, estando em crescimento a sua utilização na América do Norte. Estas gorduras são mais baratas que a gordura do leite e permitem obter boa estrutura e textura por um preço inferior à gordura do leite¹². Adicionalmente, também existem no mercado equivalentes às natas de culinária/para bater, mas de origem vegetal. Uma substituição direta das natas de origem animal por um equivalente de origem vegetal também foi uma hipótese considerada.

Ao nível de sólidos substitutos não gordos para as fontes típicas de SNGL, a proteína de soja demonstrou ter potencial para a substituição do leite em pó⁶⁰ (apesar de os melhores resultados se terem obtido com substituição parcial e não total)⁶². As proteínas de soja têm aplicabilidade na formulação de gelados pela sua capacidade de ligar água, propriedades emulsionantes, gelificantes e de formação de espuma^{12,57,60,61}. São muito hidrofílicas, ligando-se à água livre e promovendo um aumento considerável da viscosidade da matriz, o que pode ser indesejável se o seu teor não for controlado⁶². Podem, por isso, ser usadas como ingrediente para substituir (total ou parcialmente) fontes de SNGL, uma vez que aumentam a viscosidade da mistura, podendo ainda contribuir para a dureza do gelado e resistência ao derretimento. Contudo, são igualmente responsáveis por um sabor a “grão” de soja e escurecimento da cor, o que diminui a aceitabilidade do produto, pelo que a substituição apenas parcial das fontes típicas de SNGL, na formulação, produz gelados mais aceitáveis e com melhores propriedades no global^{60,62}. O sabor “a grão” característico de derivados de soja é muito difícil de remover dos grãos de soja e mantém-se mesmo em farinhas ou em

concentrados de proteína obtidos a partir desta matéria-prima⁸⁸. Este sabor é conferido por compostos voláteis. O 2-pentilfurano, derivado do ácido linoleico a partir de reações oxidativas, será, possivelmente, o composto volátil principal que condiciona a aceitação de derivados da soja pela população ocidental⁸⁹. Existe uma relação direta entre o teor em 2-pentilfurano e o teor em proteína⁸⁹, uma vez que existe uma interação forte entre as proteínas de soja e os compostos químicos que contribuem para o sabor a grão⁸⁸.

Em formulações de gelados à base de soja já disponíveis no mercado é comum a combinação de bebidas de soja com fontes de gordura vegetais como óleos. A proteína e amido presentes na bebida de soja poderão não se encontrar em quantidades suficientes para atuar como fontes de sólidos substitutos de SNGL pelo que muitas vezes as formulações são suplementadas com isolado de proteína de soja¹². A farinha, apesar de ser um ingrediente com um teor proteico muito inferior ao do leite em pó, tem sido usada em formulações de gelados para reduzir o impacto de flutuações de temperatura (farinha de arroz⁶⁷), podendo inclusive complementar formulações de teor em gordura reduzido (farinha de avelã⁶⁸). Todavia, a farinha, por si só, não poderá substituir as funcionalidades do leite em pó, pelo que a sua utilização em formulações será pertinente apenas se combinada com uma fonte significativa de proteína vegetal⁵⁹. A ausência de lactose neste tipo de formulações deve ser acautelada com outros açúcares para se atingir uma depressão crioscópica satisfatória¹².

Capítulo 3 – Desenvolvimento de Novas Formulações de Gelados

3.1 Materiais e Métodos

3.1.1 Materiais

Para o desenvolvimento de gelados sem adição de açúcares utilizaram-se as seguintes matérias-primas: leite, natas, leite em pó, lactossoro em pó, gema de ovo, maltitol, inulina (DP médio =10), sumo de maracujá, café, vodka (40 % de álcool (v/v), mistura comercial de estabilizantes e emulsionantes, sal e glicosídeos de esteviol (98 % de rebaudiosídeo A).

Para o desenvolvimento de gelados sem ingredientes de origem animal usaram-se como matérias-primas os seguintes ingredientes: bebida de soja, bebida de coco, natas vegetais de coco, natas vegetais de soja, *leite* de coco (17,4% de gordura), isolado de soja (teor em proteína de 90 %), farinha de arroz, farinha de trigo, açúcar, glucose, xarope de glucose desidratado, açúcar invertido, sumo de maracujá, coco ralado, aroma de baunilha, cacau em pó, ananás, xarope de ananás, mistura comercial de estabilizantes e emulsionantes e sal.

3.1.2 Métodos

3.1.2.1 Produção do gelado

As várias experiências foram realizadas, na fase de ensaios preliminares, em pequena escala (<1 kg). Os vários ingredientes secos foram adicionados numa panela aos ingredientes líquidos, após pesagem prévia numa balança digital de precisão de 1 g. Os glicosídeos de esteviol foram pesados numa balança analítica de precisão de 0,001 g. A ordem de adição dos ingredientes bem como a temperatura a que foram adicionados durante a fase de aquecimento foi pré-definida, com base nos procedimentos já estudados pela empresa, segundo vantagens tecnológicas de dispersão, homogeneização e manutenção máxima das propriedades organoléticas.

A mistura líquida foi pasteurizada a 85 °C, tendo a temperatura sido monitorizada usando uma sonda de temperatura digital (d=0,1 °C). Após a pasteurização, promoveu-se o arrefecimento relativamente rápido da mistura com alguns períodos de agitação suave. Adicionalmente, dada a dimensão dos testes e aquecimento até 85 °C numa panela destapada, foi realizado o controlo de perdas de água por evaporação pela diferença de massa de mistura inicial e final para assegurar que, nas condições realizadas, não haveria concentração de solutos que fizesse ultrapassar os limites de concentrações definidos para os ingredientes. De seguida, a mistura previamente arrefecida até 4 °C foi colocada numa produtora de gelados, de escala doméstica, por um período de tempo, variável consoante a formulação, contabilizado usando um relógio e controlado de acordo com a consistência aparente do gelado, e medição

de temperatura por uma sonda digital ($d=0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$). O gelado, uma vez formado, foi distribuído em *cuvettes* de plástico (450 mL), e sujeito a endurecimento num abatedor de temperatura. Após finalização da etapa de endurecimento, confirmada por medição da temperatura do gelado por sonda digital ($d=0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$), o gelado era embalado em *cuvettes* de esferovite e armazenado numa arca de congelação a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.1.2.2 Medição da densidade da mistura

A densidade da mistura foi medida, de forma aproximada, recorrendo a um refratómetro digital ATC (Auto Temperature Compensation – Compensação automática de temperatura) ($d=0,1\text{ }^{\circ}\text{Brix}$) usando cerca de duas gotas de amostra da mistura de gelado a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo a leitura retirada após 30 segundos de permanência do líquido sobre a superfície de leitura.

3.1.2.3 Estimativa do *overrun*

O *overrun* do gelado foi estimado tendo em conta os volumes de mistura e de gelado, utilizando a seguinte fórmula para o cálculo¹²:

$$\text{overrun} = \frac{\text{Volume}_{\text{gelado}} - \text{Volume}_{\text{mistura}}}{\text{Volume}_{\text{mistura}}} \times 100\%$$

O volume de mistura foi medido usando copos medidores com escala volumétrica. O volume de gelado foi estimado com base numa escala indicativa de volume desenhada na embalagem onde este foi armazenado (**Figura 5**).



Figura 5 – Embalagem de gelado marcada com uma escala indicativa de volume (a escala foi construída usando a água como padrão).

3.1.2.4 Análise sensorial preliminar

Os gelados produzidos após endurecimento e armazenamento a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ foram provados de forma informal para aferir o potencial da formulação em questão. De forma imediata eram retiradas conclusões ao nível da dureza (capacidade de retirar uma porção de gelado usando

uma colher de plástico e capacidade de moldar uma bola usando um utensílio metálico), aspeto e sabor. Se os parâmetros mínimos de aceitabilidade sensorial não fossem cumpridos, a formulação era rejeitada.

3.1.2.5 Resistência ao derretimento

Os ensaios de derretimento do gelado foram realizados por meio de descongelação em condições controladas seguindo um procedimento adaptado da literatura¹⁶, mas tendo definido a temperatura entre 12 e 15 °C, temperatura a que é mantida a sala de produção de gelados e onde decorreram os testes.

Imediatamente após saída da arca de congelação (-18 °C), a temperatura do gelado foi medida e uma porção moldada em forma de bola, colocada sobre uma rede (1,2 x 1,2 cm). Sob a rede colocou-se um recipiente de massa conhecida. Os ensaios foram realizados em triplicado, utilizando massas semelhantes. A cada 10 minutos, durante um tempo total de 70 minutos, foi pesado o recipiente, usando uma balança digital (d=1 g), medindo assim a taxa de acumulação de fluido por debaixo da rede. Registou-se ainda o tempo a que caiu a primeira gota, como indicativo de quão rápido o gelado poderia perder a sua forma. Com base nesses resultados, foi criado um gráfico da percentagem de perda de massa em função do tempo¹¹. Adicionalmente, foi observado o fluido do gelado derretido em relação à viscosidade relativa, uniformização e presença/ausência de bolhas para identificar possíveis defeitos na formulação visíveis durante o derretimento de acordo com o **Anexo A**.

Os valores obtidos foram comparados com alguns gelados da empresa, nomeadamente a referência X (resistência mediana ao derretimento), referência Y (pouca resistência ao derretimento) e um sorvete (muita resistência ao derretimento), por meio de ensaios realizados nos mesmos moldes, mas com tempos de derretimento que variaram entre 60 e 100 minutos.

3.1.2.6 Análise sensorial

Nos produtos que apresentaram propriedades sensoriais satisfatórias e de acordo com os objetivos inicialmente definidos, foram conduzidas sessões de análise sensorial, em ambiente informal, à temperatura ambiente (~20 °C), com periodicidade mensal por um grupo de provadores (n=4), sendo cada sessão de prova e respetivos resultados registados numa ficha de análise sensorial (**Anexo B**). A análise sensorial enquadrou-se numa perspetiva do consumidor, com base em testes afetivos usando uma escala entre 1 (Não gosto nada) e 5 (Gosto muito), mas um pouco mais detalhada e sem a secção relativa à intenção de compra. Aquando da degustação de cada amostra codificada, foi pedido a cada participante que a classificasse nos vários parâmetros considerados (aspeto visual/cor, dureza/consistência

aparente, sabor, doçura, opinião global), tendo ainda um espaço livre para o registo (opcional) de comentários em relação a cada parâmetro. No parâmetro da consistência aparente/dureza a avaliação consistia na maior ou menor dificuldade em retirar uma porção de gelado com as colheres de plástico disponibilizadas para a degustação.

No caso dos gelados sem adição de açúcares, a ficha de análise sensorial continha o parâmetro “sabor prolongado na boca”, para detetar a perceção do *after-taste* metálico/amargo dos glicosídeos de esteviol. Quando detetado, era atribuído um valor baixo. Se o sabor prolongado na boca fosse o próprio sabor do gelado, isso era considerado um fator positivo e era atribuído um valor elevado. O parâmetro “arenosidade” correspondia à perceção de pequenos cristais de lactose à semelhança de grãos de areia sentidos aquando da degustação do gelado e, neste caso, a resposta seria Sim ou Não, se estivesse presente ou ausente, respetivamente.

3.2 Resultados e discussão

Idealmente, um gelado deve possuir um sabor típico, fresco e agradável, uma textura suave e um corpo com resistência moderada, derreter lentamente originando um líquido semelhante à mistura que lhe deu origem, possuir uma cor natural, ter baixa contagem microbiológica, e, se aplicável, inclusões (crocantes, pepitas, etc) distribuídas uniformemente¹⁷. Adicionalmente, para efeitos práticos de ligação entre defeito observado e causas mais comuns, existem tabelas orientadoras como a que está presente no **Anexo A**. Com base no exposto e nas orientações definidas para cada projeto de I&D, foram desenvolvidas e estudadas várias formulações no sentido de cumprir os pressupostos expectáveis para cada produto.

3.2.1 Gelados sem adição de açúcares

3.2.1.1 Testes preliminares

As formulações desenvolvidas tiveram em conta duas linhas orientadoras principais. Segundo o Regulamento (EU) 1131/2011², o teor em glicosídeos de esteviol não podia exceder os 0,02 % (200 mg/kg ou 200 mg/L) em gelados, devendo estes ter necessariamente aplicada a alegação nutricional “sem adição de açúcar” e/ou “baixo teor energético”. Em relação ao maltitol, procurou-se que em todas as formulações a concentração fosse inferior a 10 % para evitar a aplicação no rótulo do gelado da menção: “o seu consumo excessivo pode ter efeitos laxantes”⁷⁶. O fluxograma do desenvolvimento da formulação de um gelado sem adição de açúcares encontra-se na **Figura 6**, usando maltitol, inulina, glicosídeos de esteviol e lactose como principais agentes adoçantes. Um dos motivos para a escolha do maltitol, em detrimento de outros polióis, foi a disponibilidade imediata desta matéria-prima e a existência prévia de um fornecedor qualificado interno à empresa.

Em primeira instância (**Experiência 1**) foi criado um gelado de maracujá usando uma base de nata (leite, natas, leite em pó) e sumo de maracujá. Estes gelados apresentavam-se excessivamente duros quando retirados da arca de congelação, sendo necessário esperar mais de 10 minutos à temperatura ambiente para conseguir retirar uma porção para provar. Não era possível, após 15 minutos, fazer uma bola de gelado com um utensílio metálico. A excessiva rigidez observada poderá ser explicada pela ausência de depressores crioscópicos em quantidade suficiente^{12,90}. Na prova, o *after-taste* amargo/metálico dos glicosídeos de esteviol era evidente, mesmo com a presença do sabor forte do maracujá. A formulação foi, por isso, rejeitada. Na literatura encontra-se reportada a utilização de glicosídeos de esteviol em gelados de café⁷². Os glicosídeos de esteviol ativam simultaneamente os recetores de doçura e amargura da língua⁴⁶, pelo que, é provável que o café, pelo facto de ser amargo consiga mascarar com sucesso o *after-taste*, hipótese que foi prontamente testada na formulação seguinte (**Experiência 2**).

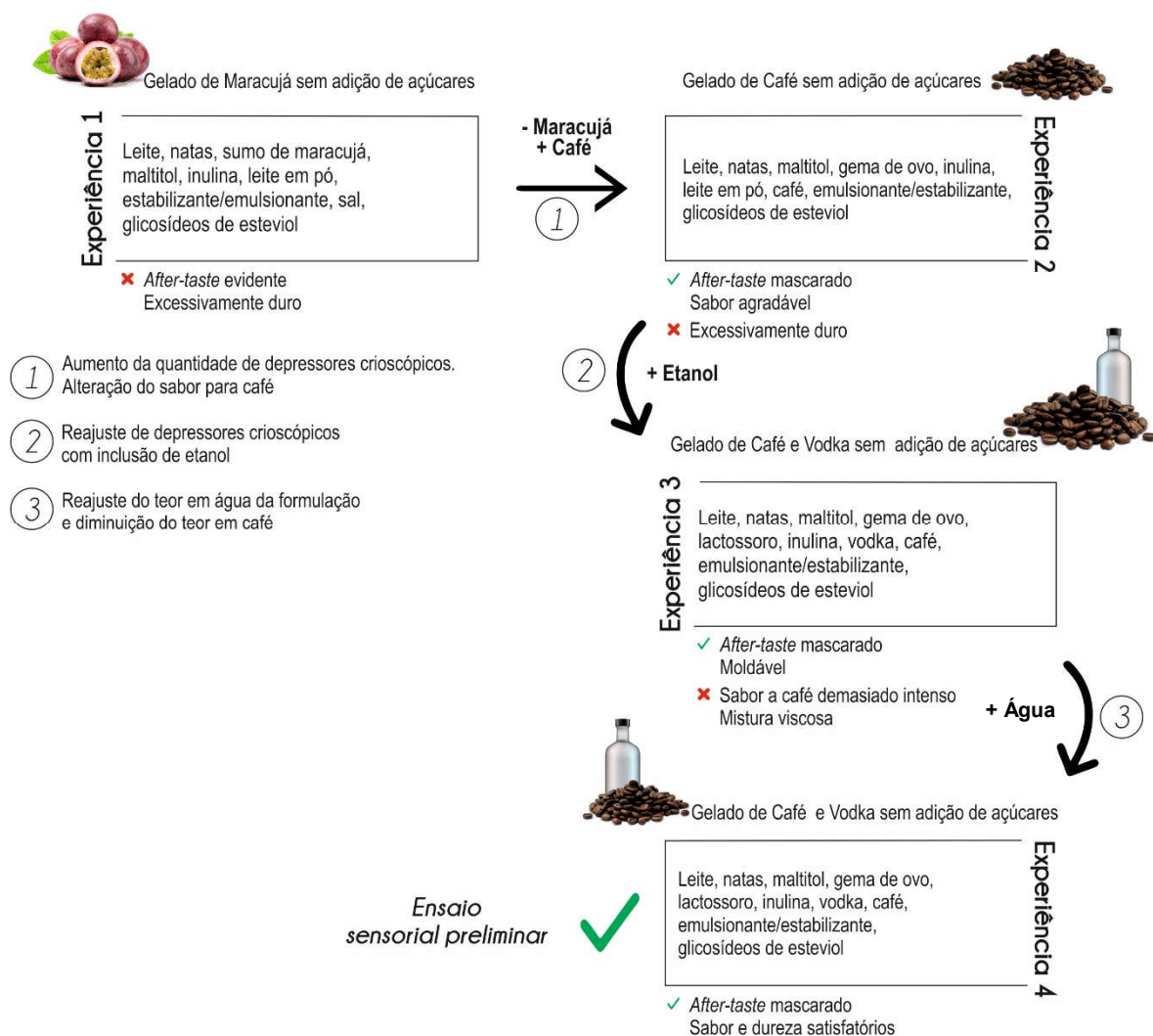


Figura 6 - Descritivo sumário das experiências de desenvolvimento de um gelado sem adição de açúcares.

Na **Experiência 2**, em relação à anterior, foi aumentado o teor em maltitol e inulina de forma a aumentar o teor em solutos e verificar experimentalmente se esta alteração seria suficiente para se atingir uma depressão crioscópica satisfatória. Adicionalmente, a formulação foi complementada com gema de ovo. A gema de ovo, além de contribuir para aumentar o teor em gordura do gelado e TS, favorecendo, por isso, a cremosidade e a suavidade, possui moléculas com funções emulsionantes como a lecitina, que auxiliam a incorporação e estabilização de bolhas de ar¹². No entanto, à semelhança do gelado de maracujá, este gelado apresentava-se extremamente duro à temperatura de serviço, o que significa que, mesmo tendo aumentado a quantidade de maltitol dentro do estipulado e a inulina, a depressão crioscópica na mistura continuava a ser insuficiente. Ao nível de cor/sabor/aroma, o gelado era satisfatório e possuía uma doçura equilibrada. Não era evidente o *after-taste*, sobressaindo, ao invés disso, o sabor a café.

A dureza é afetada por vários fatores: depressão crioscópica da mistura, sólidos totais, *overrun* e quantidade e tipo de estabilizante¹². No caso da **Experiência 2**, o teor em sólidos totais encontrava-se dentro dos valores típicos para outros gelados da empresa e o estabilizante era uma mistura comercial de estabilizante/emulsionante. Foi colocada a hipótese de que o fator predominante responsável pela dureza excessiva seria a depressão crioscópica (insuficiente) da mistura.

Os agentes adoçantes e sais atuam como depressores crioscópicos numa mistura para gelado, diminuindo o seu ponto de congelação. É possível prever, através de cálculos baseados em fatores de depressão crioscópica dos vários componentes, o ponto de congelação inicial da mistura aquando da produção de um gelado para controlar a dureza do produto final, e consequentemente a sua aceitabilidade^{12,90}. Como tal, para evitar futuras experiências que resultassem em gelados excessivamente duros, minimizando o gasto de recursos e tempo, foram efetuados cálculos segundo orientações da literatura^{12,90}. Com base nos agentes adoçantes e respetivos fatores de depressão crioscópica é possível obter uma estimativa bastante aproximada da realidade do ponto de congelação inicial da mistura. Tendo em conta os teores de cada agente adoçante/soluto relevantes na formulação e sua massa molecular em relação à sacarose ($M_w=342 \text{ g mol}^{-1}$), calcularam-se os fatores de depressão crioscópica (FPDF = *Freezing Point Depression Factor*) e sua contribuição para a depressão crioscópica da mistura (**Tabela 9**).

O valor obtido no somatório da **Tabela 9** é uma estimativa do Poder Anticongelante (PAC), que pode ser usado como fator indicativo da dureza, devendo ser entre 20 a 25 num gelado servido a $-18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ⁹⁰. Contudo, segundo Goff *et al.*¹² este somatório corresponde aos Equivalentes de Sacarose (SE) que, com base no teor em água da formulação, permite obter os Equivalentes de Sacarose em água. Este valor pode ser comparado com os apresentados

na **Tabela 10**, onde constam as depressões crioscópicas para várias soluções aquosas com diferentes teores em sacarose.

Tabela 9 - Tabela exemplo dos cálculos realizados para estimar a contribuição de cada soluto para a depressão crioscópica da mistura¹².

Agente adoçante/soluto	Massa em 100 g	Fator de depressão crioscópica (FPDF)	Contribuição para a depressão crioscópica
Glicosídeos de esteviol	<0,02	0,35	Massa x FPDF
Maltitol	<10	1	Massa x FPDF
Inulina ^(a)		0,13	Massa x FPDF
Lactose ^(b)		1	Massa x FPDF
Etanol		7,4	Massa x FPDF
Total			Somatório = PAC =SE

^(a) Grau de polimerização (DP) médio de 10.

^(b) Presente na fonte principal de SNGL, leite e natas.

Tabela 10 – Depressões crioscópicas (FPD) (°C) de soluções de sacarose (g/100 g de água)¹².

g sacarose /100 g de água	FPD (°C)	g sacarose /100 g de água	FPD (°C)	g sacarose /100 g de água	FPD (°C)
3	0,18	63	4,10	123	9,19
6	0,35	66	4,33	126	9,45
9	0,53	69	4,54	129	9,71
12	0,72	72	4,77	132	9,96
15	0,90	75	5,00	135	10,22
18	1,10	78	5,26	138	10,47
21	1,29	81	5,53	141	10,72
24	1,47	84	5,77	144	10,97
27	1,67	87	5,99	147	11,19
30	1,86	90	6,23	150	11,41
33	2,03	93	6,50	153	11,63
36	2,21	96	6,80	156	11,88
39	2,40	99	7,04	159	12,14
42	2,60	102	7,32	162	12,40
45	2,78	105	7,56	165	12,67
48	2,99	108	7,80	168	12,88
51	3,20	111	8,04	171	13,08
54	3,42	114	8,33	174	13,28
57	3,63	117	8,62	177	13,48
60	3,85	120	8,92	180	13,68

Usando a **Tabela 10**, com base na interpolação linear de valores próximos da gama de valores de SE em água obtidos, é possível obter a depressão crioscópica (FPD) da mistura associada aos agentes adoçantes. Para obter a depressão crioscópica total considera-se ainda a depressão crioscópica associada aos sais presentes nas formas de SNGL. Este valor total, que contabiliza a contribuição de agentes adoçantes e sais, permite prever o valor inicial a que a mistura começa a congelar. Quanto mais baixa a temperatura de congelação inicial, para o mesmo gelado à mesma temperatura de serviço, menor será a dureza¹², uma vez que a dureza está exponencialmente relacionada com o volume da fase de gelo, e se a temperatura de congelação for menor, à mesma temperatura de saída da produtora, o gelado terá menos cristais de gelo¹⁶.

Segundo os dados da literatura estipulou-se que a mistura do gelado teria que ter pelo menos uma depressão crioscópica que resultasse numa temperatura de congelação máxima de -2,5 °C^{12,66}. Com base nos cálculos acima apresentados, verificou-se que todos os gelados anteriormente produzidos (**Experiência 1 e 2**), tinham PAC inferior a 15 e pontos de congelação da mistura muito superiores a -2,5 °C, justificando a dureza excessiva observada. O valor de depressão crioscópica deve ser controlado de forma a também não ser demasiado elevado, uma vez que uma mistura com um ponto de congelação demasiado baixo terá menos gelo à temperatura a que sai da produtora. Como tal, é mais suscetível a flutuações de temperatura pelo crescimento do número inferior de cristais de gelo existentes⁸¹.

Com base nos cálculos e considerando apenas o maltitol (<10 %), inulina e lactose proveniente do leite, natas e leite em pó como variáveis, não era possível criar uma formulação que resultasse numa depressão crioscópica suficiente para obter um gelado moldável. A inulina, dependendo do seu grau de polimerização, em concentrações mais elevadas (4-9 %) também podia contribuir negativamente para a formulação, aumentando a dureza do gelado^{24,80,86,91} e a viscosidade da mistura⁸⁰. A inulina tem um fator de depressão crioscópica muito baixo e, por isso, uma contribuição mínima para a depressão crioscópica da mistura, pelo que a sua adição nesta formulação apenas teria sentido como fibra adicionada e para estudar a sua influência na minimização de fenómenos de recristalização durante o armazenamento do gelado. Na literatura, encontra-se descrito o uso de inulina em gelados como ingrediente funcional (fonte de fibra e potencial efeito prebiótico) em teores entre 2 a 4 %^{83,86,92,93}. Os FOS de baixo peso molecular, derivados da clivagem enzimática da inulina ou produzidos por síntese microbiana⁵⁰ poderiam ser solução pois contribuiriam de forma satisfatória como solutos, no entanto o preço e falta de fornecedores motivaram a ausência de estudos desta hipótese.

Testou-se uma nova formulação (**Experiência 3**) com uma composição semelhante à **Experiência 2**, mas incluindo uma fonte de etanol, neste caso o vodka, e diminuindo o teor em inulina que passou a ter função de fibra adicionada. O etanol tem um fator de depressão

crioscópica muito elevado, pelo que não foi necessária grande quantidade para se obter o valor de depressão crioscópica desejado, justificando o lançamento pela Häagen Daz® de gelados com álcool (tarte de lima e vodka, trufas de chocolate e whiskey)⁹⁴. O vodka foi escolhido por conter 40 % (v/v) de etanol, conseguindo-se atingir a quantidade de etanol pretendida com uma quantidade de bebida alcoólica relativamente baixa. O teor em etanol não deveria exceder 1 % para o seu sabor não ser notório nem para constituir um fator limitante ao consumo do gelado, dado que abaixo de 1,2 % não é necessário indicar a sua quantidade, apenas listá-lo como ingrediente, segundo o Regulamento 1169/2011⁷⁶. Adicionalmente, o leite em pó foi substituído por lactossoro em pó, um ingrediente que contém gordura, lactose e proteínas do soro, mas que não tem caseínas. O seu teor em lactose é superior ao do leite em pó e o seu teor proteico é inferior¹³. Mesmo assim, o valor proteico final previsto do gelado encontrava-se dentro dos valores típicos em formulações de gelados (2,5 – 4 %)¹². Na formulação criada, a lactose tinha uma contribuição significativa para a depressão crioscópica da mistura.

A formulação da **Experiência 3** foi reajustada porque originou uma mistura demasiado viscosa e o sabor a café era demasiado intenso, já que se tinha aumentado ligeiramente o teor em café em relação à **Experiência 2**. Todavia, conforme previsto teoricamente (PAC =21,1), o gelado era moldável a -18 °C, não apresentando os problemas de dureza e textura detetados nas experiências anteriores. Como tal, a formulação de gelado de café com vodka foi otimizada (**Experiência 4**) para corrigir os defeitos acima mencionados, tendo-se aumentado o teor em água (leite) e diminuído o teor em café, mantendo o PAC acima de 20. Com base na análise sensorial preliminar, verificou-se que o café continuava a mascarar com sucesso o *after-taste* dos glicosídeos de esteviol, a textura era satisfatória, o sabor a álcool não era perceptível e a doçura era a expectável para um gelado de café, não sendo demasiado intensa nem demasiado baixa ao ponto de ser um gelado amargo.

O tipo de formulação de gelado sem adição de açúcares utilizando glicosídeos de esteviol (edulcorante de elevado poder adoçante) e maltitol (poliol) como agentes adoçantes e ainda contendo lactossoro em pó e outros ingredientes lácteos (nata, leite) está em linha com formulações similares de gelados de baunilha existentes no mercado (EUA) que possuem a alegação *light*, sem adição de açúcares e que contêm tipicamente os seguintes ingredientes: leite meio-gordo, natas, sorbitol, maltodextrina, polidextrose, proteínas do soro, goma de celulose, baunilha artificial e natural, gel de celulose, carragenana, acessulfame K e aspartame (edulcorante de elevado poder adoçante), vitamina A, corante¹².

Na **Tabela 11**, encontra-se um resumo das alterações principais feitas às formulações aquando do processo de I&D, bem como os PAC calculados para cada experiência. A formulação da **Experiência 4**, a qual obteve os melhores resultados em todos os parâmetros da análise sensorial preliminar, foi alvo de uma análise sensorial detalhada sendo que se prestou uma atenção redobrada ao parâmetro “textura”. Estimando o teor em lactose na

formulação final a partir dos ingredientes lácteos: leite, natas e lactossoro, este excedia ligeiramente os valores de referência da literatura (5-7 %)¹¹. O teor em SNGL do gelado desenvolvido era inferior a 12 %, abaixo do ponto de cristalização da lactose, que tem tendência a ocorrer mais prontamente se o teor de SNGL for de 16 % na gama de temperaturas de -10 a -15 °C. Além disso, existem quatro grandes fatores que permitem controlar o aparecimento deste defeito: controlar/diminuir a concentração de lactose (as perdas de volume por evaporação, e por conseguinte, a concentração de solutos foram monitorizadas em todos os ensaios); otimizar a incorporação de ar; armazenar o gelado de forma a que este não sofra muitas flutuações de temperatura; e utilizar um bom estabilizante^{12,17,95}.

Tabela 11 – Resumo das alterações principais em ingredientes das formulações de gelados sem adição de açúcares e PAC previsto teoricamente.

Ingredientes	Experiência 1 (maracujá)	Experiência 2 (café)	Experiência 3 (café)	Experiência 4 (café)
Maltitol	1	2	3	3
Inulina	3	3	2	1
Etanol	-	-	X	X
Leite em pó	X	X	-	-
Lactossoro	-	-	X	X
Café	-	2	3	1
PAC	10,5	12,6	21,1	20,9

Houve reajuste das proporções dos restantes ingredientes para manter a formulação do gelado equilibrada. São apenas apresentados os teores para o maltitol, inulina e café segundo números 1 a 3, sendo o 1 o teor mais baixo e 3 o teor mais alto. Os restantes são descritos como presentes (X) ou ausentes (-).

Os gelados foram armazenados em *cuvettes* de plástico envoltas em esferovite, material com boas propriedades isolantes relativamente às embalagens plásticas em que se dispõem normalmente os gelados industriais, sendo, por isso, menos suscetíveis de sofrer alterações por flutuações de temperatura. O tempo de indução, início da nucleação dos cristais de lactose, é dependente da temperatura de armazenamento, em que, quanto menor a temperatura, maior o tempo de indução. Os cristais de lactose crescem a uma taxa muito lenta a -20 °C⁹⁶. Como os gelados foram armazenados a -18°C, e apesar de a solubilidade diminuir com a temperatura e, por isso, a situação de supersaturação da lactose aumentar, há promoção de uma elevada viscosidade da matriz (fase não congelada) que funciona como forte inibidor de fenómenos de nucleação e cristalização^{12,96}. Em relação ao último fator, os estabilizantes ajudam a manter a lactose no estado supersaturado pelo seu efeito de aumento da viscosidade¹² e podem interromper a cristalização da lactose pela sua adsorção à superfície dos cristais ou pelo

retardamento do fluxo de material para a superfície do cristal durante o crescimento⁹⁵. O uso de estabilizantes de origem marinha ou à base de gomas vegetais, está relacionado com menor incidência do defeito “arenosidade” em gelados comerciais⁹⁵. Assim, na formulação foi utilizada uma mistura de estabilizantes comercial adaptada para gelados (contendo gomas vegetais e polissacarídeos de origem marinha) e ainda inulina, tendo que este último ingrediente também demonstrado potencial para o controlo de fenómenos de recristalização⁸⁰⁻⁸². Assim, apenas a baixa taxa de incorporação de ar (*overrun* inferior a 17%) e o procedimento de embalagem manual do gelado poderiam promover a nucleação e formação de cristais de lactose¹³ na produção do Gelado de Café e Vodka (**Experiência 4**). No entanto, o facto de os restantes fatores acima discutidos serem favoráveis ao não desenvolvimento de arenosidade, concluiu-se que este cenário seria pouco provável e como tal, a formulação não foi alterada, dado que satisfazia todos os requisitos expectáveis.

3.2.1.2 Propriedades mensuráveis do gelado

A formulação da **Experiência 4** foi considerada satisfatória, nos ensaios sensoriais preliminares. Numa fase posterior, voltou-se a produzir o mesmo gelado mas, em maior escala (2,7 kg), usando um equipamento de produção de gelado de maior capacidade e mais moderno, tendo sido possível produzir o gelado em menos tempo e com maior *overrun* dado que o sistema de introdução de ar era mais eficiente. Os parâmetros medidos encontram-se na **Tabela 12**.

Tabela 12 - Parâmetros relevantes sujeitos a monitorização durante o processo de produção do gelado de Café e Vodka seguindo a formulação definida na experiência 4, em duas escalas diferentes.

Parâmetros	Escala das experiências	
	< 1 kg	2,7 kg
“Densidade da mistura”	30,7 °Brix	30,5 ° Brix
Tempo de produção	19 min	8 min
Temperatura de saída da produtora	-8,1 °C	- 6,8 °C
<i>Overrun</i>	10,7 %	16,8 %

O °Brix representa o teor em açúcar de uma solução aquosa e tem como base uma escala que resulta da calibração entre o índice de refração de uma solução em relação à massa de sacarose, que é o sólido maioritário. O valor de ° Brix depende da temperatura, mas os refratómetros modernos já conseguem corrigir essas variações com sistemas internos de ATC (*Auto Temperature Compensation* – compensação automática de temperatura). Através do

°Brix é possível obter uma estimativa da massa de “açúcar” dissolvido numa solução, sendo que 1 °Brix significa que a solução contém 1 g de sacarose em 100 g de solução. Em soluções mais complexas, este parâmetro descreve o teor total em sólidos solúveis (TSS), uma vez que outros solutos solúveis contribuem para o valor medido, apesar de, geralmente, numa extensão muito menor que os açúcares^{12,97}. No caso particular das misturas de gelados, a presença de uma emulsão gordura-água não permite uma medição do °Brix em si, sendo o valor indicado pelo refratómetro indicativo da densidade relativa da mistura, dado que misturas com maior teor de açúcares apresentam maior densidade²⁹. Este parâmetro é um ponto de controlo utilizado pela empresa como referência para o cumprimento da receita e da manutenção das propriedades do gelado entre diferentes lotes.

A mistura do gelado de Café e Vodka apresentou um valor de 30,7 °Brix (< 1 kg) e 30,5 °Brix (2,7 kg). Estes valores de sólidos solúveis totais, relacionados com a densidade relativa das soluções, são previsivelmente inferiores aos valores característicos das misturas dos Gelados de Portugal uma vez que, a porção relativa ao teor em “açúcar” era significativamente menor⁷¹, logo a mistura seria menos densa. Esta ocorrência deveu-se ao facto de ter sido efetuada uma substituição total da sacarose e açúcares típicos por maltitol, inulina e glicosídeos de esteviol num teor total inferior ao teor de “açúcares” original dada a utilização de um edulcorante de elevado poder adoçante.

O gelado produzido em pequena escala (< 1 kg) saiu da produtora a uma temperatura (-8,1 °C) inferior aos valores usualmente descritos na literatura (-6 °C)¹⁴, pelo facto do ciclo de produção, na produtora doméstica, ser apenas controlado pelo tempo e consistência aparente do gelado. A temperatura a que o gelado é retirado influencia o volume da fase de gelo¹⁶, pelo que neste caso o gelado teria mais volume de fase de gelo, no entanto, a diferença não prejudicou sensorialmente o produto. Ao aumentar a escala (2,7 kg), num equipamento mais moderno foi possível controlar melhor a temperatura do gelado no final do ciclo, tendo sido o valor mais próximo dos referenciados.

O equipamento onde se produz o gelado influencia também a quantidade de ar incorporado, e, por conseguinte, a perceção de leveza e textura do produto. Nas experiências de pequena escala (<1 kg), foi usado um equipamento com menor capacidade de incorporação de ar, mais adaptado para gelados prontos a comer, ao invés dos que são sujeitos a processo de endurecimento e armazenamento a -18°C. Como tal, o *overrun* dos gelados produzidos era de 10,7 %, valor muito inferior aos restantes gelados da marca *Gelados de Portugal* (25-30%). Note-se que a marca de gelados da Fabridoce (gelados artesanais) tem um *overrun* relativamente baixo, dado que os gelados tipicamente comercializados (gelados industriais) costumam apresentar valores na ordem dos 100 %¹¹. Mesmo após ter aumentando a escala (2,7 kg de mistura) e produzido o gelado num equipamento mais sofisticado e de maior capacidade, o gelado de Café e Vodka apenas apresentou um *overrun* de 16,8 %. Este valor

era, contudo, expectável, pelo facto de o equipamento de produção de gelado estar, mesmo assim, a trabalhar na sua capacidade mínima e, por isso, em condições não ótimas.

3.2.1.3 Resistência ao derretimento

Os ensaios de derretimento do Gelado de Café e Vodka foram realizados por meio de descongelação em condições controladas seguindo um procedimento adaptado da literatura¹⁶, a uma temperatura controlada de $14,1 \pm 1,4$ °C, temperatura na gama de valores em que é mantida a sala de produção de gelados e onde decorreram os testes. É relevante para a empresa, estudar o comportamento do gelado a esta temperatura uma vez que é nesta sala que o gelado é manipulado desde a sua produção até ao endurecimento, embalagem e armazenamento na câmara de congelação (-18 °C). É um passo no fluxograma de produção crucial e que condiciona a qualidade organolética do produto final mesmo que, posteriormente, não haja quaisquer flutuações de temperatura

O gelado de Café e Vodka encontrava-se a -16,3 °C quando foi retirado da arca, uma temperatura expectável tendo em conta os ciclos de congelação e descongelação da câmara onde foi armazenado, que são usuais de forma a prevenir acumulação de gelo¹⁴. Os resultados dos ensaios de derretimento apresentam-se na **Figura 7**, sendo comparados a valores obtidos em moldes semelhantes para referências de gelados de Fabridoce identificados como pouco, moderadamente ou muito resistentes ao derretimento. O erro associado à referência Y estava relacionado com a presença de agregados sólidos dos ingredientes crocantes dispersos no gelado que, de forma localizada, retardavam o derretimento de certas porções da bola de gelado. Com base nos gelados já comercializados pela Fabridoce, concluiu-se que o gelado de Café e Vodka tinha um perfil de derretimento muito semelhante aos gelados de resistência mediana, e por isso satisfatório, evidenciando sinais de descongelamento parcial após cerca de 30 minutos, descongelamento avançado aos 60 minutos e tendo descongelado totalmente aos 70 minutos. A primeira gota foi registada, em média, aos 19 minutos após o início dos ensaios, sendo que quanto maior a resistência ao derretimento mais tarde se dava este acontecimento (14 minutos – Referência Y; 18 minutos – Referência X; 25 minutos – Sorvete).

O fluido de derretimento foi analisado segundo a **Tabela A2** do **Anexo A**, para aferir de potenciais defeitos na formulação. Não foram observadas partículas ou aglomerados no fluido de derretimento nem separação de fases. No entanto, foram observadas algumas bolhas de ar, o que normalmente é associado a excesso de *overrun*, mas que nesta situação não é, aplicável dado que o gelado apresentava baixo *overrun* por ter sido produzido em pequena escala. A presença de bolhas de ar poderá ter sido motivada por um desequilíbrio entre a proteína e emulsionante¹², porém, o facto de a incorporação de ar ter sido limitada pelo equipamento usado poderá ter conduzido a uma estabilização menos eficiente da microestrutura do gelado. Como tal, seria pertinente produzir o gelado em equipamentos de

produção de gelado à escala industrial e com um volume de mistura suficiente para garantir uma incorporação ótima do ar na microestrutura, e repetir os ensaios de derretimento para aferir se seria mesmo necessário reajustar a formulação.

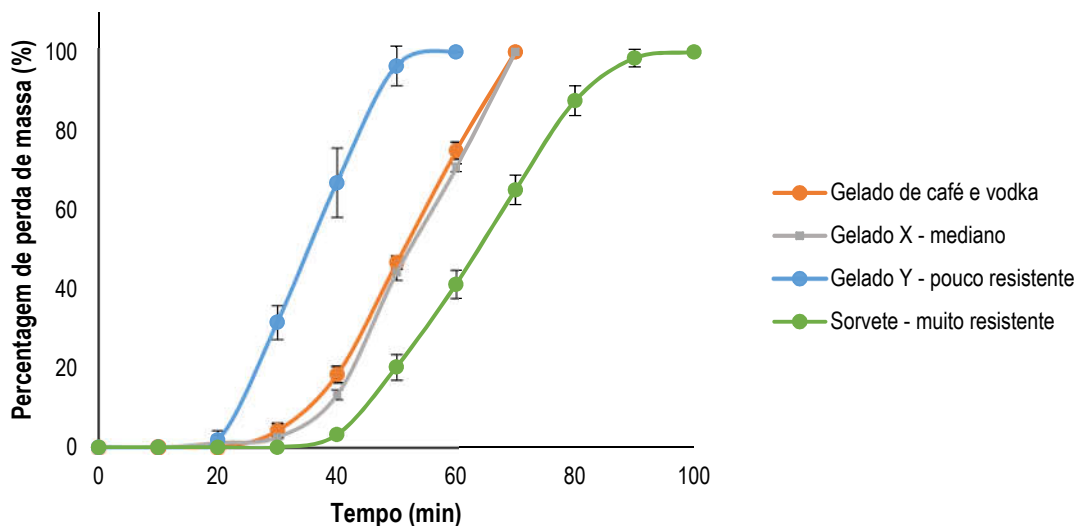


Figura 7 – Curvas de derretimento do Gelado de Café e Vodka e gelados comercializados pela Fabridoce, com diferentes resistências ao derretimento.

Os sorvetes da Fabridoce são mais resistentes ao derretimento que os gelados. Um sorvete, ao contrário de um gelado, não tem gordura, derivando de uma mistura essencialmente de água, açúcares e fruta¹⁰⁻¹². Como tal, a quantidade de gelo dos sorvetes é muito superior, o que se traduz em valores significativamente superiores de teor em água, o que era verificável pela análise dos boletins nutricionais dos gelados e sorvetes da marca Gelados de Portugal. Desta forma, os sorvetes possuem necessariamente uma maior quantidade de cristais de gelo e, provavelmente os cristais existentes são de maior tamanho e demorarão mais a converter-se em água, o que se traduz num tempo de derretimento mais longo¹⁶. Além disso, os sorvetes possuem fruta. A fruta contribui com inúmeras moléculas hidrocolóides como pectinas que ligam a água livre e são responsáveis pela viscosidade da matriz. Uma matriz mais viscosa, escorre mais lentamente pelo que se a velocidade das gotas a cair for menor, menor será a taxa de derretimento¹⁶.

3.2.1.4 Análise sensorial

A análise sensorial é um bom indicador dos parâmetros de qualidade de um dado produto alimentar e, no âmbito do modelo de negócios da Fabridoce é uma ferramenta preponderante para acompanhamento e avaliação do potencial dos gelados. Porém, noutros contextos, de empresas especializadas em I&D, a análise sensorial complementaria várias técnicas objetivas de análise (dureza, textura, teor de gordura parcialmente coalescida, pH e viscosidade da

mistura...) para se obter uma caracterização extensiva da formulação, o que não se aplicou no âmbito da presente dissertação.

O gelado de Café e Vodka que apresentou resultados satisfatórios nos testes preliminares (**Figura 8A**), foi acompanhado sensorialmente por testes na perspectiva do consumidor. Este tipo de testes foi escolhido por não existirem provadores treinados, internos à empresa, e pelo facto de o projeto em causa não justificar um investimento em análise sensorial detalhada, através de serviços subcontratados.

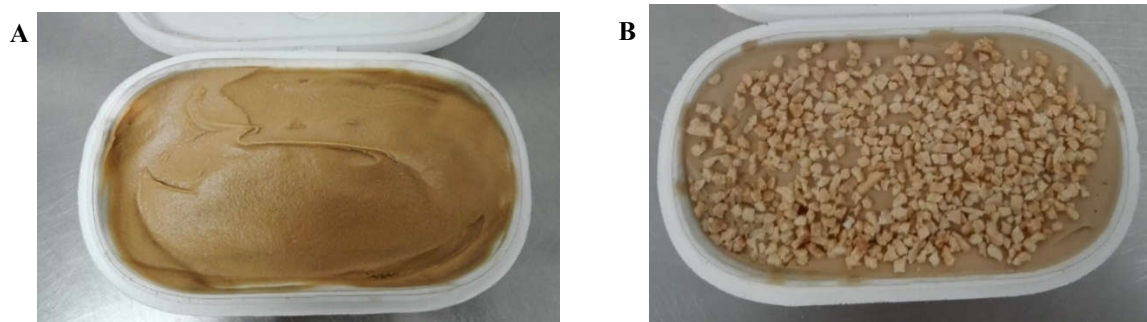


Figura 8 - Gelado de Café e Vodka (A) e Gelado de Café e Vodka com *topping* de amêndoa torrada (B).

Durante o período em que decorreu o estágio curricular foram efetuadas três sessões de prova, correspondentes a um acompanhamento mensal de cada formulação. A média dos resultados recolhidos e desvio padrão correspondente a cada parâmetro analisado nas sessões pós-produção (**Figura 9**), um mês após produção (**Figura 10**) e dois meses após produção (**Figura 11**) encontram-se sob a forma de gráfico. A perceção da arenosidade, como Presente ou Ausente encontra-se resumida na **Tabela 13**. Como os provadores não eram treinados, é expectável que ao longo das sessões de prova pudesse haver respostas não consistentes com as anteriores, dado que existem vários fatores ambientais e psicológicos que condicionam as respostas obtidas. As sessões de prova foram realizadas em ambiente informal, na altura do dia que coincidissem com a disponibilidade dos vários intervenientes. Os resultados são, também, condicionados pelas próprias preferências pessoais ou até a ordem de apresentação das amostras. Erros como “tendência central” (evitar usar classificações extremas – 1 ou 5), de expectativa (conhecimento prévio de informação sobre o produto), lógico (relação entre atributos ao invés de os classificar separadamente), de contraste (exagerar ou minimizar diferenças reais entre produtos) ou até de sugestão mútua (influenciado pela reação de outros provadores)⁹⁸, podem por isso ter acontecido, pelo que os resultados recolhidos são, por isso, somente indicativos gerais da aceitabilidade do produto.

Na sessão de prova pós-produção (**Figura 9**), o gelado de Café e Vodka obteve resultados bastante consistentes e próximos do valor 4 (gosto) na escala afetiva de 1 a 5. A formulação foi considerada, nessa medida, bastante promissora sensorialmente. Não se detetou a presença de arenosidade. Nos campos de registo livre registaram-se comentários bastante

positivos: “cor associada a café com leite”, “cremoso”, “sabe bastante a café mas agradável”, “nem doce nem amargo, no ponto”, “o sabor a café fica na boca”, “apesar de não ter açúcar adicionado sente-se o doce e fica um sabor a café na boca, o que é agradável”, “textura, sabor, cor e doçura muito bons”. Um dos comentários referia que “faltava algo crocante, um *topping*”.

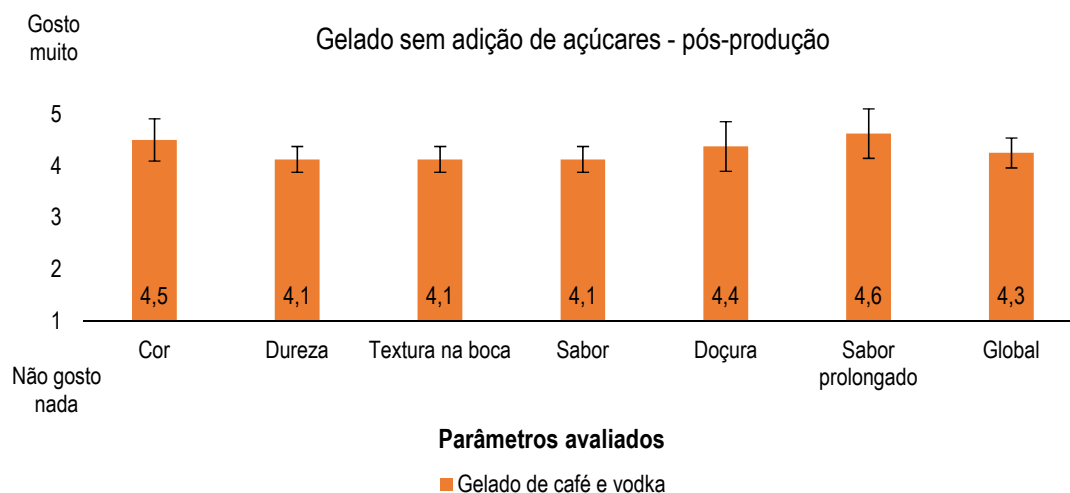


Figura 9 – Resultados da análise sensorial, pós-produção, realizada aos Gelados de Café e Vodka, desenvolvidos no âmbito do projeto de I&D de gelados sem adição de açúcares.

No seguimento da primeira sessão de análise sensorial (pós-produção), foi estudada a introdução de um *topping* crocante no gelado. Nesse sentido, foi escolhida a amêndoa em cubos, torrada, dada a combinação harmoniosa entre sabores como o café ou chocolate com frutos secos e a pronta disponibilidade desta matéria-prima na empresa. A amêndoa, que foi colocada apenas na porção superior da *cuvette* do gelado, conferia um aspeto visual apetecível (**Figura 8B**) e combinava bem a nível de sabor e textura com o gelado. Previamente, este *topping* foi impermeabilizado com isomalte para gerar uma “película” protetora crocante que retardaria a migração de água do gelado para a amêndoa, evitando a perda de crocância. Este gelado com amêndoa torrada foi estudado nas sessões seguintes juntamente com a versão sem *topping*.

Na sessão de análise sensorial, um mês após produção do gelado (**Figura 10**), verificou-se que o gelado de Café e Vodka mantinha valores médios de 4 nos vários parâmetros analisados, mas que a consistência das respostas era menor, tendo um maior desvio padrão associado. A introdução da amêndoa tornou o gelado visualmente mais apelativo (cor), não afetou a dureza/consistência aparente nem o sabor, mas a textura na boca foi considerada menos positiva que no gelado sem *topping*. O facto de se ter concentrado a amêndoa no topo da *cuvette* fez com que o provador não provasse uma porção com distribuição uniforme do *topping* e como tal percecionava mais o sabor da amêndoa que o do café. Desta forma, apesar de a amêndoa combinar bem com o sabor a café, a sua aplicação no gelado deveria ter sido no momento da produção envolvendo-a e uniformizando a sua distribuição. O *topping*

continuava crocante. Nenhum dos provadores detetou arenosidade na amostra. Nos campos de registo livre registaram-se comentários também mais díspares, em relação à sessão de análise sensorial anterior: “parece mais escuro”, “não está tão cremoso”, “bastante cremoso”, “textura muito boa”, “a amêndoa deu sabor interessante”, “a amêndoa devia estar envolvida ou então retirar”, “doçura adequada”, “deixa excelente sabor na boca”, “o sabor da amêndoa sobrepõe o do café”, “globalmente é muito bom”.

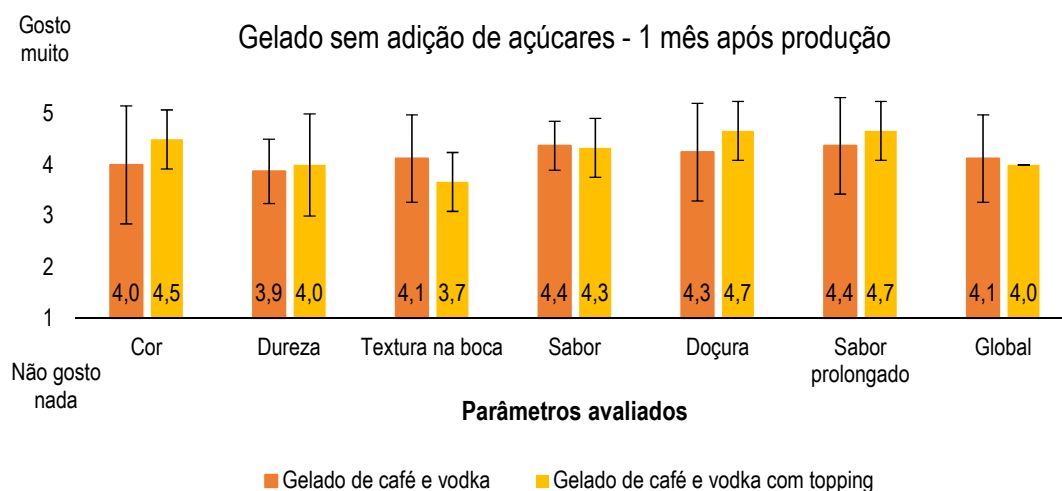


Figura 10 - Resultados da análise sensorial, um mês após produção, realizada aos Gelados de Café e Vodka com e sem *topping* de amêndoa torrada, desenvolvidos no âmbito do projeto de I&D de gelados sem adição de açúcares.

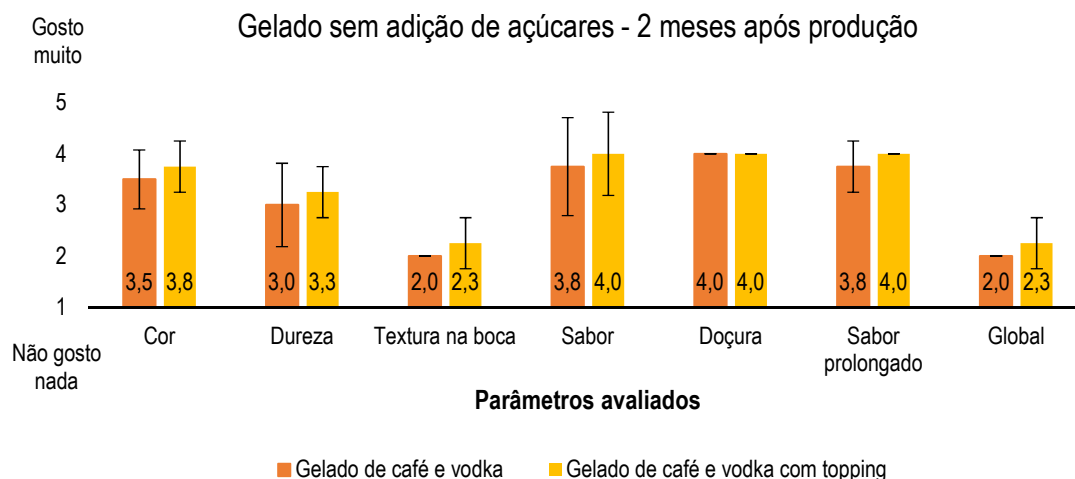


Figura 11 - Resultados da análise sensorial, 2 meses após produção, realizada aos Gelados de Café e Vodka com e sem *topping* de amêndoa torrada, desenvolvidos no âmbito do projeto de I&D de gelados sem adição de açúcares

Na sessão de análise sensorial dois meses após a produção, os gelados apresentaram valores bastante inferiores nos vários parâmetros aos que haviam sido registados anteriormente (**Figura 11**). Isto justificou-se pelo aparecimento do defeito sensorial de

“arenosidade” causado pela cristalização da lactose^{11,12,17}. A presença dos cristais de lactose era bastante evidente quer no gelado com *topping* quer no gelado sem *topping*. A data de produção destas duas versões de gelado diferia em 15 dias, sendo por isso a arenosidade mais evidente no gelado de Café e Vodka sem amêndoa. A percepção da arenosidade prejudicou a análise dos restantes parâmetros, sendo a consistência na boca negativa: “não gosto”; a consistência aparente/dureza apenas “satisfatória”, tendo sido referido que o gelado estaria menos cremoso. Apesar de o sabor a café continuar evidente, foi difícil para os provadores classificarem os gelados e como tal a dispersão dos resultados era maior. Globalmente, os gelados não eram aceitáveis tendo-lhes sido atribuída uma classificação global de 2 (não gosto). Como o gelado com *topping* era mais recente, tendo menos cristais, e a crocância da amêndoa mascarava um pouco a “arenosidade”, este gelado reuniu resultados ligeiramente mais positivos, apesar de ainda negativos, nos parâmetros de “textura na boca” e “global”. A forma como eram conduzidas as sessões de análise sensorial poderá ter acelerado o processo de formação de arenosidade. A cuvette em causa era transportada da câmara de congelação para o local definido para a sessão de prova, à temperatura ambiente, podendo o tempo total da sessão ser maior ou menor consoante a própria disponibilidade dos intervenientes. Ora, o crescimento de cristais de lactose é acelerado em situações de oscilação de temperatura^{95,96}. Sendo a mesma cuvette sujeita a ciclos de oscilação de temperatura não controlados durante as sessões de prova, isso poderá ter resultado numa deterioração precoce das suas propriedades organolépticas. Desta forma, dever-se-ia ter conduzido as sessões de análise sensorial retirando uma bola do produto para a sessão de prova em causa, voltando a colocar rapidamente o resto gelado no frio negativo. No entanto, tendo-se comprovado a tendência para o desenvolvimento rápido de arenosidade, seria expectável que a formulação em causa apresentasse esse tipo de problemas muito antes do tempo de prateleira estipulado para os restantes gelados (1 ano), o que configura uma formulação não equilibrada e, por isso, não viável para a entidade empresarial.

Tabela 13 – Quadro-resumo para deteção de arenosidade nas sessões de análise sensorial ao gelado sem adição de açúcares.

Dias após produção		Arenosidade		Número de provadores que detetaram a arenosidade	
Gelado de Café e Vodka	Gelado de Café e Vodka com <i>topping</i> de amêndoa torrada	Gelado de Café e Vodka	Gelado de Café e Vodka com <i>topping</i> de amêndoa torrada	Gelado de Café e Vodka	Gelado de Café e Vodka com <i>topping</i> de amêndoa torrada
7	0	Não	Não	0	0
35	20	Não	Não	0	0
64	49	Sim	Sim	4	4

3.2.1.5 Análises nutricionais e microbiológicas

Uma amostra de gelado de Café e Vodka foi analisada externamente por um laboratório subcontratado pela Fabridoce, a nível microbiológico (**Tabela 14**) e a nível nutricional (**Tabela 15**), sendo esta última importante para efeitos de rotulagem, cumprindo o Regulamento (UE) N.º 1169/2011⁷⁶. Os resultados das análises microbiológicas, realizadas por um laboratório subcontratado tendo como referência os valores do Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge para alimentos do Grupo I, estão dentro dos limites recomendados, validando a higiene e boas práticas aquando do processo de produção do gelado.

Tabela 14 – Parâmetros microbiológicos das análises realizadas ao Gelado de Café e Vodka com *topping* de amêndoa torrada.

Parâmetro	Valores de Referência	Gelado de Café e Vodka com amêndoa torrada
Pesquisa de <i>Salmonella</i>	Ausente em 25 g	Ausente em 25 g
Contagem de bolores (UFC/g)	$<10^2$	$<10^1$
Contagem de Leveduras (UFC/g)	$<10^4$	7×10^1
Contagem de Coliformes (UFC/g)	$<10^2$	$<10^1$
Contagem de <i>Staphylococcus</i> coagulase positiva (UFC/g)	$<10^2$	$<10^1$
Contagem de <i>Eschericia Coli</i> (UFC/g)	$\leq 10^1$	$<10^1$
Contagem de Microrganismos a 30°C (UFC/g)	$\leq 10^4$	$1,6 \times 10^3$
Pesquisa de <i>Listeria monocytogenes</i>	Ausente em 25 g	Ausente em 25 g

De acordo com o Regulamento n.º 1169/2011⁷⁶, o valor energético é calculado de acordo com fatores de conversão estipulados para cada parcela nutricional. No caso dos polióis, está previsto na legislação que o cálculo é feito usando 2,4 kcal/g ao invés dos 4 kcal/g aplicados para os hidratos de carbono. Como a análise nutricional não contemplava uma análise específica ao teor em polióis, foi considerado pelo laboratório externo que à totalidade dos hidratos de carbono (24,9 g/100 g) seria aplicado o fator de conversão de 4 kcal/g. Com base no teor de maltitol colocado na formulação, foi feita a correção para 178 kcal/100g, ao invés dos 195 kcal/100g que constavam no boletim.

O valor energético era significativamente inferior a qualquer uma das formulações dos outros Gelados de Portugal. Isso é explicado pelo facto de se ter substituído totalmente os açúcares por edulcorantes (maltitol e glicosídeos de esteviol). O maltitol é apenas parcialmente metabolizado³³ enquanto que os glicosídeos de esteviol não contribuem para o aporte calórico⁴⁰. A porção significativa num gelado que contribui para o valor calórico é a gordura¹².

No entanto, como este valor era semelhante aos restantes gelados da marca (cerca de 8 g / 100 g), a redução do aporte calórico terá sido pela substituição dos açúcares por edulcorantes.

Tabela 15 – Valores nutricionais para o gelado de Café e Vodka com *topping* de amêndoa torrada, comparados com a média dos valores nutricionais dos *Gelados de Portugal* com ingredientes semelhantes.

Teor por 100 g de produto		
	Gelado de Café e Vodka com <i>topping</i> de amêndoa torrada	Valores médios para <i>Gelados de Portugal</i>
Lípidos	8,3 g	(7,9 ± 0,9) g
dos quais saturados	4,8 g	(5,2 ± 0,5) g
Hidratos de carbono	24,9 g	(28,4 ± 2,6) g
dos quais açúcares	8 g	(20,3 ± 1,9) g
Proteínas (g)	4,6 g	(5,1 ± 0,7) g
Fibra	0,8 g	< 1,0 g
Sal	0,14 g	(0,2 ± 0,1) g
Valor energético (kJ/kcal)*	178 kcal	(205 ± 15) kcal
	742 kJ	(859 ± 64) kJ

* valor corrigido tendo em conta o teor em polióis adicionado.

O teor em hidratos de carbono no gelado de Café e Vodka foi significativamente inferior aos valores típicos dos restantes gelados. Este resultado está de acordo com o esperado dado que os açúcares da formulação foram substituídos por dois adoçantes, sendo um deles (glicosídeos de esteviol) de elevado poder adoçante. Como tal, era previsível que para atingir valores satisfatórios de doçura fosse necessária, comparativamente, menor quantidade dos “substitutos” para os açúcares. A limitação principal na diminuição ainda maior do teor em hidratos de carbono prende-se com o seu papel preponderante no controlo da depressão crioscópica da mistura, logo da dureza do gelado. Foi conseguida uma redução significativa graças à combinação de agentes adoçantes e ainda de etanol. Os açúcares (8 g/100 g) no gelado tinham um valor significativamente inferior a qualquer um dos *Gelados de Portugal*, sendo esta porção composta maioritariamente por lactose, proveniente dos derivados lácteos colocados na formulação. O valor de proteína encontrava-se também de acordo com o típico de uma formulação de gelado¹² sendo de origem láctea (lactossoro como fonte principal) e da gema do ovo.

O teor em fibra (0,8 g) encontrava-se dentro dos valores típicos dos restantes gelados da marca, mas muito inferior ao estimado, dado que foi introduzida inulina na formulação em teores próximos de 3%. Isto pode ser explicado pela utilização de um método (não revelado pelo laboratório externo) para a determinação de fibra dietética total, não adaptado para a

deteção de inulina e FOS. De facto, os métodos oficiais da AOAC (*Association of Analytical Communities* - Associação de comunidades analíticas) para a determinação de fibra dietética total (985.29 e 991.43) têm em conta que a fibra é o material que precipita em soluções etanólicas⁹⁹. Contudo, a inulina e os FOS são solúveis nestas soluções, pelo que não são por isso contabilizados como fibra. Existem métodos oficiais da AOAC que foram desenvolvidos especificamente para quantificar este tipo de fibra dietética^{100,101}, mas esses não foram, certamente, utilizados na análise nutricional, pelo laboratório subcontratado.

Apesar da análise nutricional ter sido feita com uma amostra de gelado de Café e Vodka com o *topping* de amêndoa torrada, a presença deste último ingrediente não terá tido um efeito significativo nos valores obtidos, podendo ter contribuído ligeiramente para a porção de hidratos de carbono e gordura.

O Regulamento (CE) n.º 1924/2006⁶⁹ é relativo às alegações nutricionais e de saúde sobre os alimentos, de forma a salvaguardar a transparência e veracidade da informação que é passada ao consumidor, estabelecendo critérios universais para a veiculação dos potenciais benefícios do género alimentício. Desta forma, tendo em conta a análise nutricional, seria possível aplicar as seguintes alegações nutricionais na rotulagem⁶⁹: “Sem adição de açúcares” (contém açúcares naturalmente presentes - lactose) e “Teor de açúcar reduzido” dado que o teor deste nutriente foi reduzido em mais que 30 % (39,4 %) em relação a produtos semelhantes. Dada a aplicação da alegação “Teor de açúcar reduzido”, é ainda aplicável a designação “*Light*”. O teor calórico era inferior aos restantes gelados da Fabridoce, mas não em 30%, conforme estipulado na legislação, pelo que não era aplicável a alegação “Valor energético reduzido”. Provavelmente a alegação “Fonte de Fibra” seria aplicável dado que o gelado, sem contabilizar a inulina, tinha um teor de fibra de 0,8 g/100 g e a inulina estaria presente em teores próximos de 3 g /100 g.

Como o gelado continha um teor em etanol inferior a 1%, segundo o Regulamento (UE) N.º1169/2011⁷⁶ deveria apenas constar na lista de ingredientes. Este mesmo regulamento, relativamente a géneros alimentícios com cafeína, reitera a necessidade da menção “Contém cafeína. Não recomendado a crianças nem a grávidas” que deve constar no mesmo campo visual que a denominação do género alimentício, referindo o teor de cafeína em mg por 100 g/mL. No entanto, foi realizada uma análise à cafeína, através de um laboratório externo subcontratado, que revelou que esta estava presente num teor inferior ao Limite de Quantificação do Método usado, correspondente a 0,05 %. Este valor foi concordante com a estimativa realizada tendo em conta o teor em cafeína do café utilizado. Em suma, a introdução de café e vodka não constituiu um fator limitante do público-alvo do gelado.

O desafio da redução do teor em açúcar num alimento prende-se com a necessidade de usar vários ingredientes como edulcorantes de elevado poder adoçante, agentes de volume, entre outros para substituir o açúcar como ingrediente. Todavia, o consumidor procura produtos

“*clean-label*” e “naturais” pelo que se a rotulagem do novo produto contiver muitos aditivos, isso poderá ser percebido negativamente^{28,30}. Nesta perspectiva, o gelado desenvolvido tem ingredientes selecionados para se incluírem nas tendências agroalimentares atuais, sendo o maltitol e os glicosídeos de esteviol naturais, a lactose está naturalmente presente e a inulina é um ingrediente e não um aditivo, também de origem natural.

3.2.1.6 Análise crítica do desenvolvimento do projeto

O Gelado de Café e Vodka mostrou ser promissor nas fases iniciais do acompanhamento sensorial, tinha boa resistência ao derretimento e atributos nutricionais bastante satisfatórios. No entanto, ao fim de dois meses de produção, o gelado desenvolveu uma textura arenosa, pela cristalização da lactose, que se encontrava em teores ligeiramente superiores aos recomendados pela literatura^{11,12}. Como este defeito não era aceitável concluiu-se que a formulação teria de ser repensada dado que não garantia os pressupostos de qualidade de um ano de tempo de prateleira normal para um gelado (1 ano). Na **Figura 12**, está representado um fluxograma resumo de todo o processo de produção do gelado de Café e Vodka incorporando as várias etapas até ao produto final.

Os desenvolvimentos no âmbito do projeto do gelado sem adição de açúcares foram analisados com base em níveis de maturidade tecnológica (TRL – Technology Readiness Levels). Os níveis TRL (**Figura 13**) permitem uma discussão uniforme e consistente dos vários estádios de desenvolvimento (1 – menos maduro; 9 - mais maduro) da maturidade de diferentes tecnológicas tendo como base conceitos, requisitos tecnológicos e os resultados de capacidade tecnológica¹⁰².

O nível 1 foi concluído através do levantamento inicial do estado da arte relativo ao desenvolvimento de formulações sem adição de açúcares, de teor em açúcar reduzido ou semelhantes, com a identificação do fator chave a ter em conta: controlo da depressão crioscópica da mistura. Com base na literatura foram delineadas estratégias para desenvolver formulações, escolhendo ingredientes adequados à finalidade pretendida de forma a substituir os açúcares típicos na formulação por agentes adoçantes alternativos, mantendo o gelado cremoso e sem dureza excessiva (nível 2). Várias formulações foram testadas de forma a aferir da potencialidade das formulações delineadas (análise sensorial preliminar e verificação da dureza do gelado). À medida que se foram testando as formulações de gelados foi possível definir um sabor e direcionar as seguintes de forma a otimizar o sabor/dureza até obter um resultado aceitável – gelado de Café e Vodka. Dado que o gelado satisfez todos os requisitos, foram efetuadas análises nutricionais e microbiológicas para verificar se o valor acrescentado da formulação se refletia nutricionalmente e se as boas práticas de higiene e fabrico tinham sido cumpridas. O gelado foi ainda analisado a nível da resistência ao derretimento e

sensorialmente. O desenvolvimento da formulação foi dado como concluído (nível 3). Dada a potencialidade da formulação, foram feitos alguns estudos internos da produção a grande escala do gelado e análise de custos (nível 4), porém o gelado continuava a ser acompanhado sensorialmente (periodicidade mensal). No mês 2, o gelado apresentava-se arenoso, devido à cristalização da lactose. Este processo ocorre lentamente e não é prontamente detetado, sendo potenciado por flutuações de temperatura. Como tal, nesta fase (nível 4), verificou-se que o gelado ao longo do tempo sofria uma deterioração das suas propriedades organoléticas e como tal o projeto baseado na formulação desenvolvida não teria viabilidade para um tempo de prateleira de 1 ano.

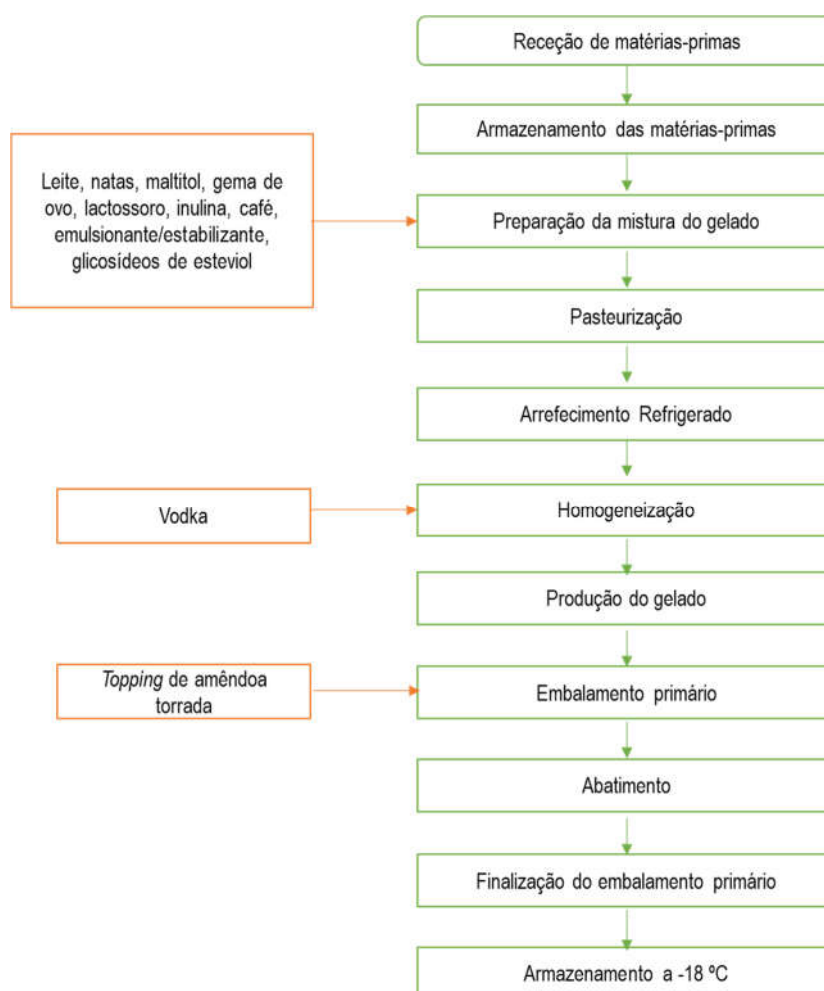


Figura 12 – Fluxograma de produção do Gelado de Café e Vodka e introdução do *topping* de amêndoa torrada.

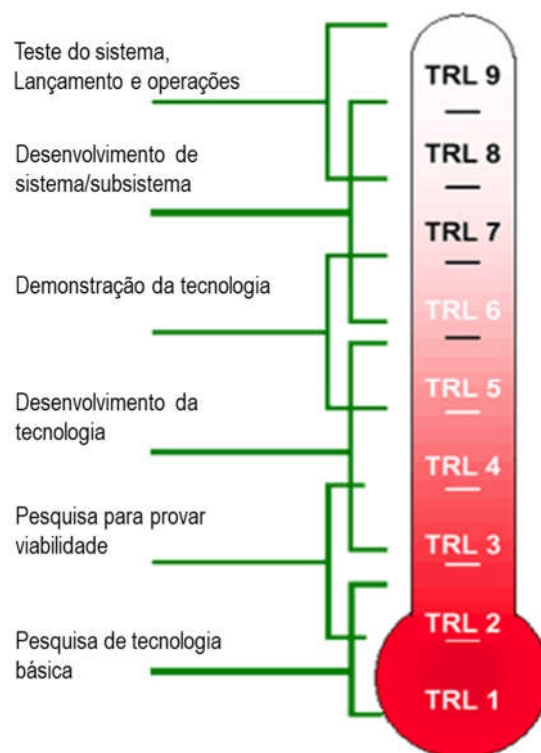


Figura 13 - Esquema dos níveis de maturidade tecnológica (TRL). Adaptado de: https://en.wikipedia.org/wiki/Technology_readiness_level#/media/File:NASA_TRL_Meter.png

3.2.2 Gelados sem ingredientes de origem animal

3.2.2.1 Testes preliminares

Como para a elaboração de gelados sem ingrediente de origem animal, não havia qualquer limitação ao uso de açúcar, utilizaram-se combinações de glucose, sacarose, xarope de glucose e/ou açúcar invertido, compensando a ausência de lactose inerente a este tipo de formulações. As quantidades de agentes adoçantes foram definidas de forma a promoverem valores de PAC (>20) e depressão crioscópica ($>2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) satisfatórios de acordo com os cálculos elucidativos na **Secção 3.2.1.1**. A seleção de ingredientes a testar foi condicionada pelo custo e disponibilidade das matérias-primas. A fonte de proteína principal usada foi um isolado de soja de teor proteico superior a 90 %, pelo que se previa de antemão a existência de uma concentração máxima a definir para que não afetasse negativamente o sabor do gelado. Os isolados de soja possuem propriedades atrativas de formação e estabilização de espuma^{62,103}. No entanto, a proteína de soja estabiliza melhor a emulsão gordura-água, pelo que a substituição das proteínas do leite por proteína de soja implica que a quantidade de gordura desestabilizada seja menor (gelado com mais gelo e menor resistência ao derretimento), pelo que os emulsionantes têm uma função preponderante para compensar esta propriedade neste tipo de gelados^{11,12}.

As primeiras duas experiências realizadas encontram-se esquematizadas na **Figura 14**, incluindo as formulações bebida de soja como fonte de água, isolado de soja como fonte de sólidos substitutos não gordos e creme culinário de soja (**Experiência 1**) ou creme culinário de coco (**Experiência 2**) como fonte de gordura. Os resultados sensoriais para os gelados das **Experiências 1 e 2** não foram satisfatórios, sendo a mistura demasiado viscosa e tendo o gelado um sabor a soja intenso e dureza excessiva. O sabor a grão de soja sobrepunha-se ao sabor do maracujá em qualquer uma das experiências. O gelado da **Experiência 2** foi considerado mais agradável pela presença do sabor ténue do coco conferido pelo creme de coco. O sabor a grão demasiado intenso deveu-se a um excesso de proteína de soja, pois esta liga-se fortemente aos compostos responsáveis pelo sabor a grão que se formam nos derivados da soja^{88,89}. A viscosidade excessiva observada foi associada também ao teor em proteína de soja, uma vez que em gelados com este tipo de ingredientes, quanto maior o teor em proteína de soja maior é a retenção de água observada⁶¹, devido à hidrofiliidade destas proteínas^{60,62}. O PAC do gelado era superior a 20 mas o gelado apresentava-se muito duro, como consequência da viscosidade aumentada da mistura^{16,60}.

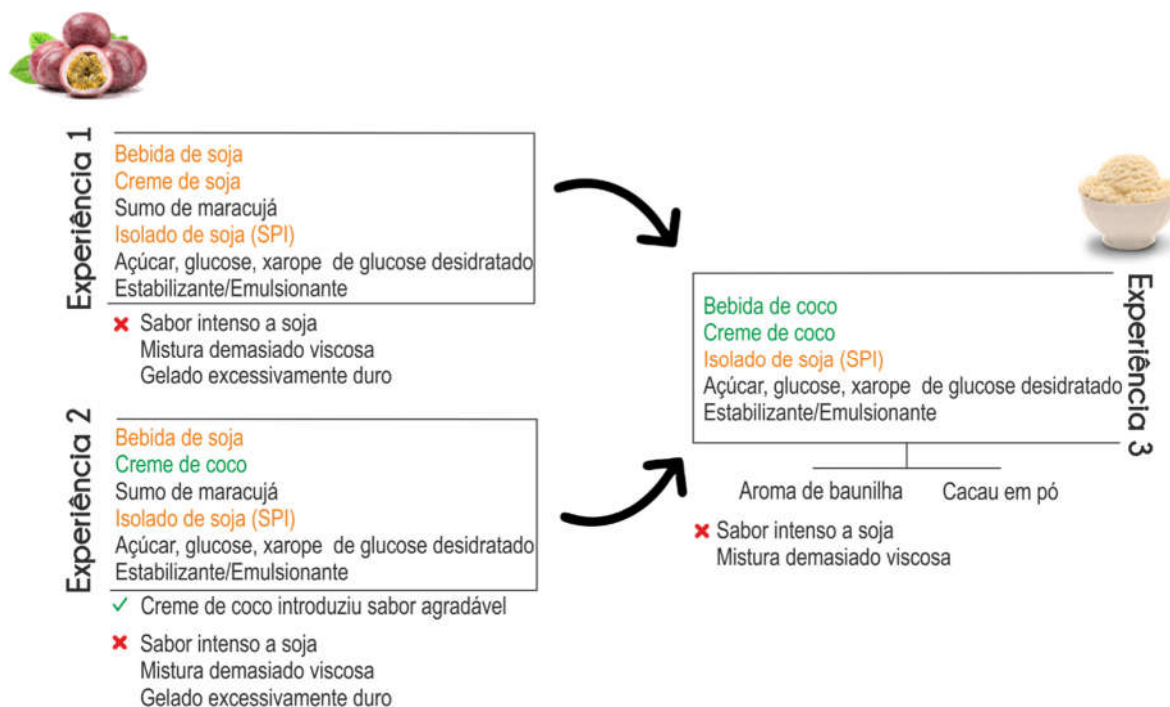


Figura 14 - Descritivo das experiências de desenvolvimento de um gelado sem ingredientes de origem animal, usando bebida de soja como fonte de água, cremes culinários (creme de coco e creme de soja) como fonte de gordura e isolado de soja como fonte de sólidos substitutos não gordos.

Dada a preferência do sabor a coco em relação ao de soja, procurou-se aumentar as fontes de sabor a coco (bebida de coco + creme de coco) mantendo o teor em isolado de soja mas

aumentando consideravelmente o teor em água na formulação para compensar a hidratação das proteínas de soja (**Experiência 3**). A proteína de soja do isolado era o único componente nesta formulação a contribuir para o sabor a grão e a principal a contribuir para a viscosidade do produto. Como o chocolate e o aroma de baunilha são formas relativamente eficazes para mascarar o sabor a grão da soja em gelados suplementados com isolado de soja¹⁰⁴, foi adicionado aroma de baunilha ou cacau à mistura da **Experiência 3**. No entanto, em qualquer uma delas se verificou que a mistura tinha um sabor demasiado intenso a soja e tinha uma viscosidade semelhante às experiências anteriores, mesmo com um teor em água consideravelmente superior. Como nenhuma das misturas cumpria os critérios mínimos de aceitação sensorial, não foi produzido gelado.

A formulação da **Experiência 4** corresponde a uma reprodução adaptada da formulação descrita na literatura por Wangcharoen *et al.*⁵⁹ (**Figura 15**). Os ingredientes usados foram diferentes dos do autor (bebida de soja comercial em vez de produção própria, teor em gordura do leite de coco diferente, farinha de trigo em vez de farinha de tapioca e substituição do extrato de gengibre por coco ralado). Pretendia-se que esta formulação funcionasse como ponto de partida para o desenvolvimento das novas formulações, dado que correspondia a um produto desenvolvido com boa aceitabilidade⁵⁹. O gelado obtido na **Experiência 4** tinha um sabor a soja menos intenso, o que era expectável dado que não continha isolado de soja, mas apenas bebida de soja. Todavia, o gelado apresentava-se com uma tonalidade acastanhada. Esta observação poderia ser resultado de reações de *Maillard* em que as proteínas de soja podem participar^{58,60}, pois possuem grupos amina que podem reagir com aldeídos a elevadas temperaturas como as de pasteurização, conduzindo à formação de melanoidinas¹⁰⁵. Também o facto da bebida de soja apresentar cor acastanhada, comparativamente à cor branca do leite de vaca, poderá ter contribuído para a cor final observada no gelado⁵⁸. O PAC calculado para esta formulação era de 18,4, quando deveria ser de pelo menos 20 para ser moldável⁹⁰, o que justificou a dureza excessiva observada. Como o teor teórico em proteína deste gelado era inferior ao recomendado (2,5 - 4 %¹²), e muito inferior às experiências anteriores, essa poderá ser a justificação para a mistura não ter apresentado viscosidade excessiva, dada a quantidade inferior de proteínas de soja presentes⁶¹.

Na **Experiência 5**, com base nas observações da **Experiência 4**, voltou-se a incluir na formulação o isolado de soja, aumentando o teor em proteína dentro do recomendado pela literatura e mantendo a farinha de trigo (**Figura 15**). As proteínas de coco têm pouca capacidade emulsionante daí ter sido pertinente compensar a formulação usando as proteínas de soja⁶¹. No entanto, o teor em isolado de soja foi diminuído relativamente às **Experiências 1, 2 e 3** para se encontrar um valor em que estivesse em quantidade suficiente para exercer a sua função tecnológica de substituto de SNGL, sem afetar negativamente o sabor. Para que o teor em proteína se aproximasse dos valores de referência de 2,5 % a 4 % típicos de um

gelado¹², tentou-se, numa primeira fase, padronizar o teor de proteína. Optou-se, também por fazer gelados sem adição de ingredientes que conferissem sabores específicos além do sabor as próprias matérias-primas, para ser mais fácil de identificar o sabor a grão de soja e outros defeitos sensoriais que pudessem surgir. A farinha é rica em hidratos de carbono (ex: amido) que contribuem para aumentar a viscosidade da mistura^{67,68}. Além disso, para aumentar o teor em água na formulação substituiu-se a glucose por açúcar invertido, um agente adoçante aquoso com um fator de depressão crioscópica relativamente elevado (1,9). Porém, mesmo assim, o gelado tinha sabor a soja evidente, bem como os outros defeitos verificados nas experiências anteriores.

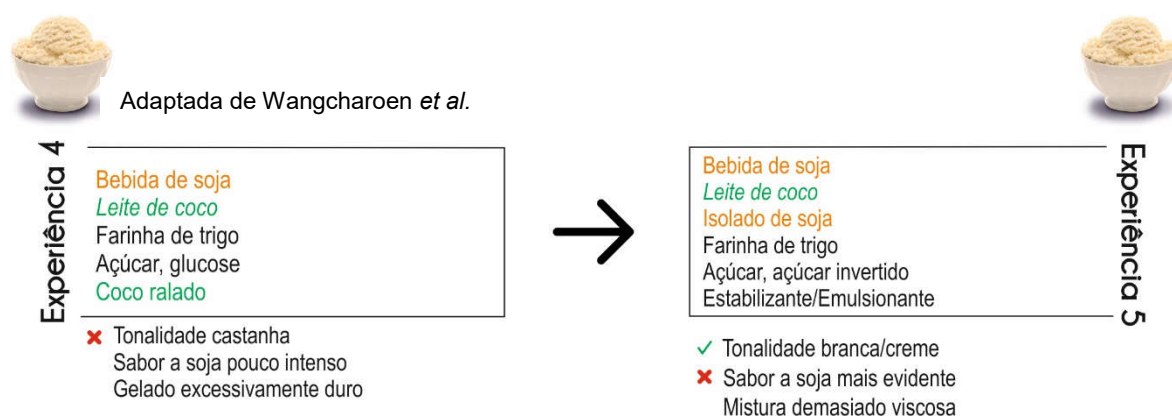


Figura 15 – Descritivo das experiências realizadas, diminuindo consideravelmente o teor em isolado de soja e com base na formulação de Wangcharoen *et al.*⁵⁹, usando bebida de soja como fonte de água e *leite* de coco como fonte de gordura.

Na **Experiência 6** e **Experiência 7** optou-se por não utilizar bebida de soja, sendo o isolado de soja a única fonte de proteína de soja na formulação. Como fonte de água utilizou-se bebida de coco e o *leite* de coco manteve-se como fonte de gordura. Com base nas experiências anteriores definiu-se que o isolado de soja deveria estar entre 0,5 a 2 % para não afetar de forma demasiado evidente o sabor. Como a proteína de soja tem propriedades de estabilização de emulsões superiores à proteína do leite (com base nos quais foram definidos os valores de referência)¹², é provável que a proteína de soja possa ser usada em menores quantidades, sendo a sua propriedade de maior capacidade de estabilização emulsões compensada por um teor em emulsionante superior, o que foi acautelado em todas as formulações deste tipo. Na **Experiência 6 (Figura 16)**, em relação à experiência anterior, manteve-se constante o teor em isolado de soja e substituiu-se a farinha de trigo por farinha de arroz e a bebida de soja por bebida de coco. O açúcar invertido passou a ser o único agente adoçante. A farinha de arroz, segundo a literatura, contribui de forma positiva para a textura de gelados e ainda reduz o impacto das flutuações de temperatura⁶⁷. O seu sabor é neutro se não for usada em concentrações muito elevadas, tornando-se evidente, nessa situação, o sabor “farinhento”⁶⁷. A nível de sabor, o gelado tinha um sabor mais equilibrado sendo o sabor a soja

muito ténue. Contudo, apesar de a mistura ter um PAC previsto superior a 25, o gelado apresentou-se também excessivamente duro.

Dada a persistência do defeito de dureza excessiva, todas as formulações foram revistas a nível de teor em água, gordura, sólidos totais e açúcar. Apesar de o açúcar ser fundamental para a depressão crioscópica da mistura, um outro fator fundamental que controla a dureza de um gelado é a gordura, estando a dureza inversamente relacionada com o seu teor¹⁰⁶. Todos os gelados (**Experiências 1-6**) tinham um teor em gordura muito inferior aos restantes gelados da Fabridoce, e inferior a 5,5 % e que se enquadrava, segundo a literatura, em gelados de teor em gordura reduzido ou *light*¹². Um gelado com teor em gordura reduzido necessita de substitutos de gordura quer de origem proteica quer hidratos de carbono (inulina, amido...) ^{25,81-83,107} para compensar algumas das funcionalidades da gordura como a cremosidade e estabilização de bolhas de ar. Como as formulações não acautelavam este fator, os gelados produzidos apresentavam-se excessivamente duros.

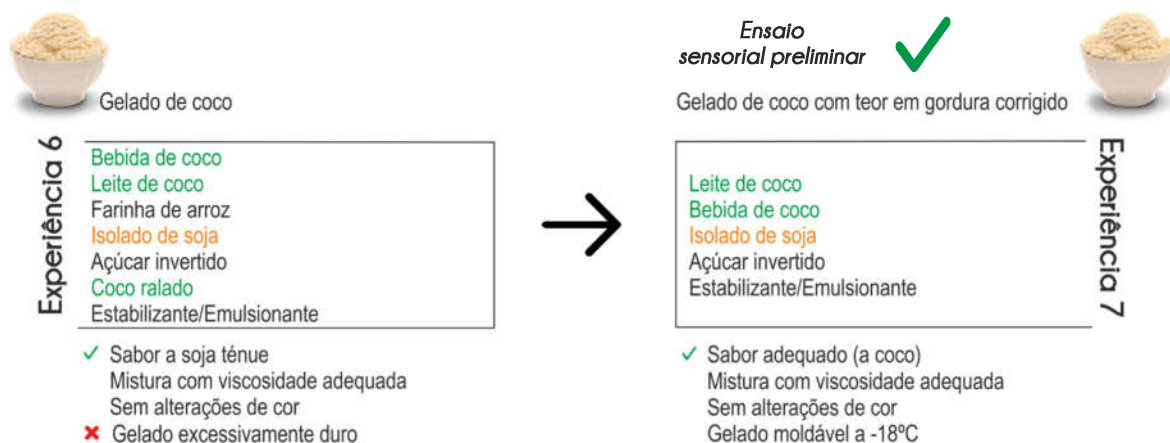


Figura 16 - Descritivo das experiências realizadas, usando bebida de coco como fonte de água, *leite* de coco como fonte de água e gordura e isolado de soja como fonte de sólidos substitutos não gordos.

Uma nova experiência (**Experiência 7**) (**Figura 16**) foi realizada tendo o teor em gordura sido aumentado para valores próximos dos restantes Gelados de Portugal e dos outros existentes no mercado (10-12 %) ¹², usando *leite* de coco como fonte maioritária de gordura e água. Como tal, o teor em gordura foi acertado para 10,5%⁶¹. Apesar de ser possível a produção de gelados com *leite* de coco como fonte simultânea de água e gordura⁶³, na formulação da **Experiência 7** colocou-se bebida de coco, numa percentagem relativamente baixa, como fonte adicional de água e para intensificar o sabor a coco. A farinha foi retirada e o teor em isolado de soja foi mantido dentro dos valores a partir dos quais se obtiveram melhores resultados (0,5-2 %), sendo o teor estimado em proteína final do gelado inferior a 2,5 %. Os gelados produzidos com esta formulação tinham um sabor agradável (a coco), cor branca e eram moldáveis, com textura satisfatória. A mistura não tinha viscosidade excessiva. Estes gelados possuíam na sua composição proteína de soja, mas o escurecimento da cor não foi observado, possivelmente

porque o teor em proteína de soja era inferior⁶⁰ relativamente à **Experiência 4**, onde se observou o surgimento de uma tonalidade acastanhada. Desta forma, os gelados passaram o teste organolético e sensorial preliminar.

Com base nos resultados satisfatórios da **Experiência 7**, fizeram-se variantes desta formulação (**Figura 17**) visando dois sabores distintos: coco (introduzindo coco ralado para intensificar o sabor das matérias-primas derivadas de coco) e pinacolada. Para os gelados de coco criaram-se duas opções: gelado de coco com teor em gordura de 10,5% (**variante 7A**) e gelado de coco com teor em gordura de 10% (**variante 7B**). Os dois gelados de pinacolada produzidos diferiam na forma como o ananás foi introduzido: sob a forma de xarope (**variante 7C**) ou através da adição de fruta (**variante 7D**). Como a fruta congelada pode apresentar problemas na congelação ficando demasiado dura e com textura repleta de cristais de gelo quando consumida com o gelado¹², a introdução da fruta também foi feita via um xarope de açúcar apesar de isso poder levar à perda de nutrientes e afetar a sua aparência.

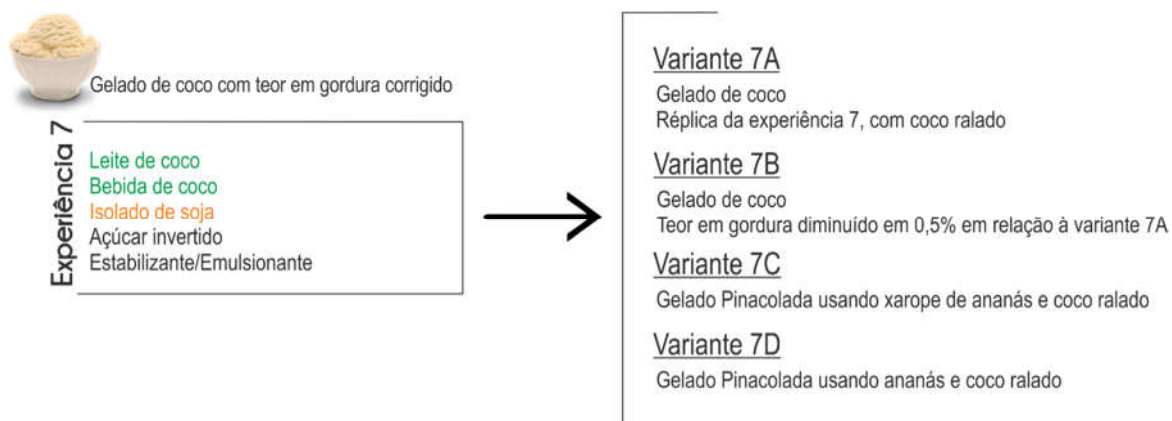


Figura 17 - Descritivo das experiências desenvolvidas com base na formulação com teor em gordura de 10,5%

3.2.2.2 Propriedades mensuráveis do gelado

Os principais parâmetros associados à produção dos gelados de coco e pinacolada sem ingredientes de origem animal, encontram-se resumidos na **Tabela 16**. De uma forma geral, a densidade das quatro misturas era próxima de 26 °Brix, uma vez que os ingredientes de base para todas as formulações eram os mesmos, com pequenas variações nos teores de bebida de coco e *leite* de coco. O gelado Pinacolada 7C apresentava um valor superior pois foi adicionado à mistura xarope de ananás e contribuiu para o aumento do teor em solutos solúveis, logo da densidade relativa. Já o gelado Pinacolada 7D tinha uma densidade inferior aos restantes uma vez que o ananás possuía um teor em açúcar relativamente inferior à mistura e como tal, contribuiu para uma diluição dos solutos solúveis presentes.

Tabela 16 – Parâmetros relevantes sujeitos a monitorização durante o processo de produção, a pequena escala, das variantes 7A (coco), 7B (coco com teor em gordura diminuído), 7C (pinacolada com xarope de ananás) e 7D (pinacolada com ananás) de gelados sem ingredientes de origem animal

Variantes da experiência 7	Coco 7A	Coco 7B	Pinacolada 7C	Pinacolada 7D
Densidade da mistura	26,5 ° Brix	26,2 ° Brix	28,9 ° Brix	25,2 ° Brix
Tempo de produção (min)	16	15	14	15
Temperatura de saída da produtora (°C)	-8,8	-7,6	-6,3	-8,2
Overrun	10,5 %	11,1 %	10,2 %	10,8%

Os tempos de produção, estes produtos eram semelhantes, uma vez que o volume das misturas usadas foi similar, sendo controlado de acordo com a consistência aparente do gelado. De forma geral, quanto maior o período de tempo na produtora de gelados, menor era a temperatura que o gelado atingia. Como a desestabilização de gordura depende do teor e tipo de emulsionante^{11,12}, mas também é afetada pelo tempo de “agitação” na produtora de gelados¹⁶, o tempo de produção foi praticamente o mesmo nas quatro experiências. O valor relativamente baixo da temperatura de saída da produtora e de *overrun* (10 – 11 %) deveu-se às razões relacionadas com o equipamento utilizado, previamente discutidas na **secção 3.2.1.2**.

Todos os gelados possuíam um valor de depressão crioscópica superior a 2,5 °C sendo moldáveis. A nível de sabor todos foram considerados satisfatórios, sendo que em nenhuma das situações era detetável o sabor a soja. Como tal, as quatro variantes foram seguidas por uma análise sensorial mais detalhada e ao longo do tempo, especialmente pela diferença drástica do tipo de ingredientes (gordura vegetal, proteína vegetal e ausência de lactose). A empresa optou por aguardar pelos resultados do estudo da evolução de propriedades organoléticas ao longo do tempo de armazenamento antes de aferir da produção em maior escala. No período em que decorreu o estágio curricular, não foi, por isso, possível produzir estes gelados em maiores quantidades e em equipamentos de maior capacidade. Também, pelo mesmo motivo, os gelados não foram avaliados a nível de resistência ao derretimento nem foram conduzidas análises nutricionais ou microbiológicas.

3.2.2.3 Análise Sensorial

Os gelados de coco e pinacolada sem ingredientes de origem animal, foram acompanhados sensorialmente, com periodicidade mensal. Durante o período em que decorreu o estágio curricular estavam previstas três sessões de prova, correspondentes a um acompanhamento mensal de cada formulação, durante um período de 2 meses pós-produção. Os resultados encontram-se resumidos na **Figura 18** e **19**, sendo evidente a sua dispersão.

No global, os valores recolhidos para os gelados, após produção (**Figura 18**), distribuem-se em torno do valor 4 (gosto). Na sessão de análise sensorial realizada um mês após produção (**Figura 19**), os resultados obtidos apresentavam menos homogeneidade (maior desvio padrão) possivelmente pela influência do erro de contraste e erro apresentação/posição das quatro amostras⁹⁸. Verificou-se uma tendência geral para o valor 3 (satisfatório), ao invés do 4 como na sessão anterior. Foram classificados como consideravelmente inferiores especialmente no parâmetro da dureza, isto porque neste mesmo dia foram provados gelados comercialmente disponíveis, também sem quaisquer ingredientes de origem animal e a diferença a nível de cremosidade era muito grande. Comparativamente, os gelados desenvolvidos no contexto do estágio curricular eram mais compactos e menos cremosos. Possivelmente, a comparação dos gelados em estudo com um gelado externo (erro psicológico), totalmente distinto e muito mais cremoso, terá propiciado uma perceção da dureza mais negativa o que se traduziu numa diminuição abrupta da aceitabilidade deste parâmetro face à análise sensorial pós-produção. Estes gelados tinham um teor em ar relativamente baixo, o que, também, está relacionado com dureza aumentada^{16,62}. No entanto, este fator não justifica totalmente a falta de cremosidade observada, dado que o gelado de Café e Vodka sem açúcares adicionados (**secção 3.2.1.4**) tinha um *overrun* comparável nas experiências em pequena escala (<1 kg) e era bastante cremoso. Além disso, em particular nos gelados de coco (7A e 7B), os provadores registaram a presença de cristais de gelo à superfície do gelado, na sessão de análise realizada um mês após a produção. Isto pode estar relacionado com o facto de o gelado ter sido retirado a uma temperatura mais baixa que -6 °C¹⁴ tendo por isso uma fase de gelo de maior volume, logo mais suscetível às flutuações de temperatura, tendo-se verificado fenómenos de recristalização⁸¹. Adicionalmente, o transporte da cuvete de gelado para a sessão de prova ao invés de uma pequena porção provocou uma quebra significativa na cadeia de frio o que poderá ter propiciado os fenómenos observados¹².

Um critério importante na escolha do tipo de gordura para um gelado é que esta seja predominantemente sólida (cerca de dois terços) a 4°C, o que propicia condições de coalescência parcial óptima¹². A gordura de coco tem, a esta temperatura, um teor relativamente elevado em gordura sólida, mas é possível usá-la para produzir gelados com qualidade^{11,12,61,63–66,107}. Apesar disso, tendo em conta os resultados obtidos, nomeadamente a nível do parâmetro da cremosidade/textura, foi decidido que o projeto teria necessariamente

que ser reavaliado e possivelmente retornar à fase de desenvolvimento de formulação, mudando, por exemplo, a fonte principal de gordura para manteiga de cacau¹² ou combinando diferentes fontes de gordura vegetais, incluindo até óleos na formulação^{12,30,58,64,108}, que atuassem sinergicamente para criar condições ótimas para o processo de produção do gelado. Adicionalmente, seria pertinente estudar diferentes tipos de emulsionantes, aferindo da quantidade relativa proteína, gordura e emulsionante para garantir uma desestabilização de gordura com extensão adequada para promoção da cremosidade^{11,108}.

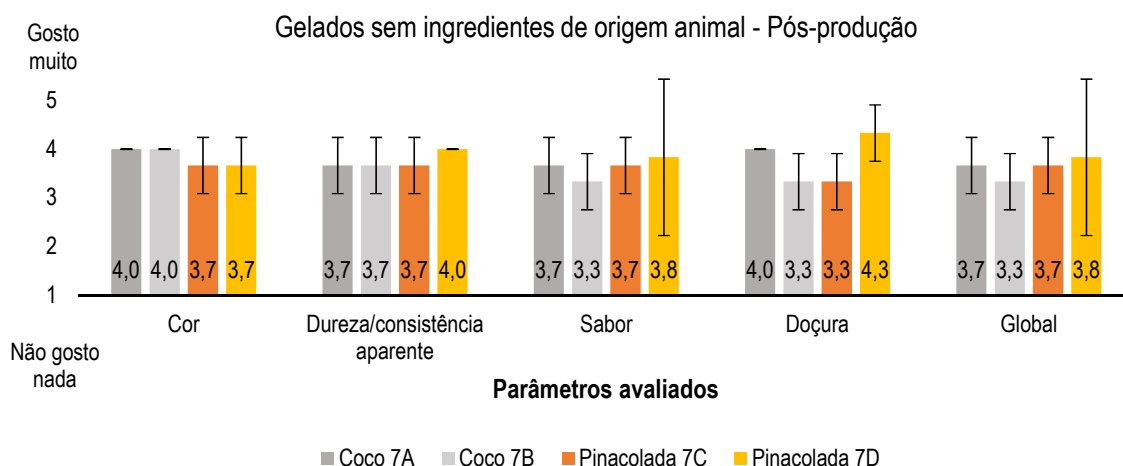


Figura 18 - Resultados da análise sensorial realizada aos gelados de coco e pinacolada desenvolvidos no âmbito do projeto de I&D de gelados sem ingredientes de origem animal.

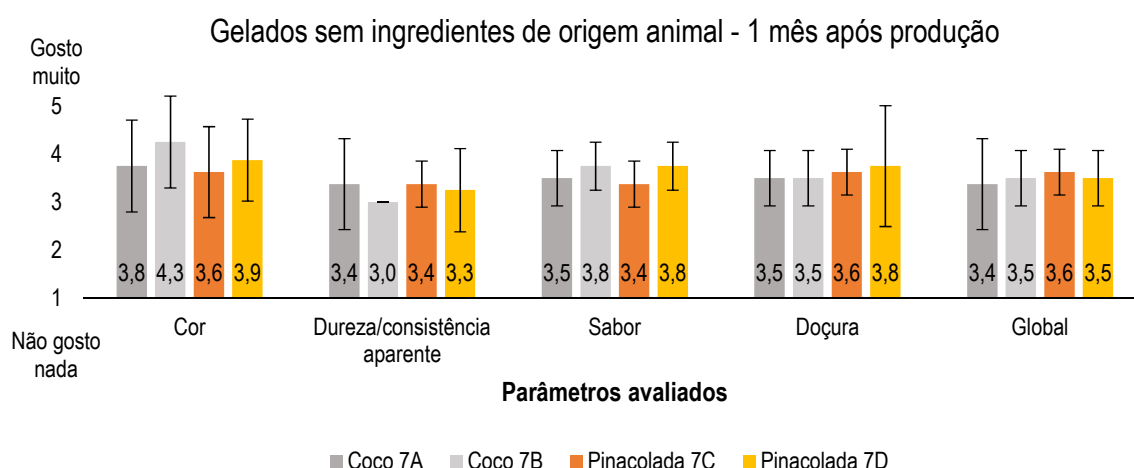


Figura 19 - Resultados da análise sensorial realizada aos gelados de coco e pinacolada desenvolvidos no âmbito do projeto de I&D de gelados sem ingredientes de origem animal.

3.2.2.4 Análise crítica do desenvolvimento do projeto

Os desenvolvimentos no âmbito do projeto do gelado sem ingredientes de origem animal, foram analisados com base em níveis de maturidade tecnológica (TRL)¹⁰².

O nível 1 foi concluído através do levantamento feito do estado da arte relativo a ingredientes alternativos de origem vegetal passíveis de serem usados como substitutos do leite, como fontes de gordura e como sólidos substitutos de SNGL, incluindo a análise das várias formulações descritas na literatura para o uso destes ingredientes diferentes. Com base na literatura foram delineadas estratégias para desenvolver formulações, escolhendo ingredientes adequados à finalidade pretendida (nível 2). Várias formulações foram testadas de forma a aferir da potencialidade do que havia sido delineado (análise sensorial preliminar e verificação da dureza do gelado). À medida que se foram produzindo os gelados, nas diferentes experiências, foi possível identificar as combinações de ingredientes e respetivos teores para obter resultados satisfatórios – gelados de coco e gelados pinacolada. No entanto, mesmo assim, após comparação com gelados análogos, concluiu-se que as formulações aceites não tinham a cremosidade pretendida e que as propriedades organoléticas se deterioravam a curto/médio prazo. O projeto teria que voltar à fase inicial de formulação, porém, tendo em conta os interesses e objetivos estratégicos internos da empresa foi colocado em *standby*.

Capítulo 4 – Conclusões e Perspetivas Futuras

No âmbito do estágio curricular foi possível desenvolver um gelado sem adição de açúcares utilizando uma combinação de agentes adoçantes: um não-nutritivo de elevado poder adoçante (glicosídeos de esteviol) e um nutritivo (maltitol) como fonte de solutos para se atingir uma depressão crioscópica significativa. Utilizando derivados lácteos que contribuíram com lactose, em conjunto com maltitol em teor inferior a 10 %, e etanol em teor inferior a 1 %, obteve-se um gelado de café cremoso, moldável, de sabor agradável e sem o *after-taste* característico dos glicosídeos de esteviol ou sabor alcoólico. Apesar da presença de um poliol, este gelado não teria a menção “pode ter efeitos laxantes”, típica em formulação de produtos deste género que primam pela utilização de vários tipos de polióis, em teores superiores a 10 %, para substituição do açúcar. O etanol e a cafeína não eram limitantes para o público-alvo, encontrando-se em teores que a legislação europeia considera negligenciáveis e, por isso, as suas quantidades não precisariam de ser declaradas na rotulagem. O gelado tinha um teor em açúcar significativamente menor do que qualquer gelado da marca *Gelados de Portugal* e era por isso um produto mais dirigido para indivíduos diabéticos. Apesar de ser muito promissor (*light*, teor em açúcar reduzido, sem adição de açúcares), ao fim de dois meses pós-produção, este gelado, desenvolveu uma textura arenosa. A formulação deveria ser reajustada usando depressores crioscópicos complementares para diminuir o teor em lactose (ex: FOS) ou poder-se-ia optar por usar maltitol (um ou uma combinação de vários polióis) em teores superiores a 10 % apesar do seu efeito laxante. Seria ainda possível criar um produto de valor acrescentado com teor em açúcar reduzido e/ou de baixo índice glicémico mas sem a alegação “sem adição de açúcares” usando combinações de mel, adoçante natural de baixo índice glicémico (IG =55), com outros açúcares como a frutose ou a tagatose, e glicosídeos de esteviol como edulcorantes de elevado poder adoçante. As combinações deveriam apenas garantir, *a priori*, um valor previsto de temperatura de congelação de, pelo menos, -2,5 °C.

No projeto de desenvolvimento de gelados sem ingredientes de origem animal concluiu-se que o *leite* de coco era um ingrediente com bastante potencial como fonte de água e gordura na formulação e que o isolado de soja seria uma fonte promissora de proteína vegetal desde que o seu teor fosse rigorosamente controlado, dado o seu potencial efeito negativo no sabor, cor e viscosidade do produto. Os gelados desenvolvidos eram aceitáveis, mas não tinham a cremosidade pretendida para produtos da marca *Gelados de Portugal*. Dado o papel preponderante da gordura na cremosidade do produto, no futuro será pertinente modificar as formulações no sentido de introduzir fontes de gordura com propriedades mais adequadas para o processo de produção do gelado e/ou combinar diferentes fontes de gordura vegetal, como óleos vegetais, desde que haja equipamentos de homogeneização eficientes. Seria pertinente estudar os teores relativos de gordura, emulsionante e proteína ideais para conseguir uma

desestabilização de gordura adequada para um produto final com características organoléticas atrativas. As propriedades das gorduras vegetais podiam ser ainda complementadas usando substitutos de gordura à base de proteína ou de hidratos de carbono, que em baixas percentagens poderiam contribuir para um aprimoramento da formulação.

Referências Bibliográficas

1. Regulamento (UE) N.º 1129/2011 da Comissão de 11 de Novembro de 2011 que altera o anexo II do Regulamento (CE) n.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho mediante o estabelecimento de uma lista da União de aditivos alimentares. (2011).
2. Regulamento (UE) N.º 1131/2011 da Comissão de 11 de Novembro de 2011 que altera o anexo II do Regulamento (CE) n.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho no que se refere aos glicosídeos de esteviol. (2011).
3. Carochio, M., Morales, P. & Ferreira, I. C. F. R. Sweeteners as food additives in the XXI century: A review of what is known, and what is to come. *Food Chem. Toxicol.* **107**, 302–317 (2017).
4. Mooradian, A. D., Smith, M. & Tokuda, M. The role of artificial and natural sweeteners in reducing the consumption of table sugar: A narrative review. *Clin. Nutr. ESPEN* **18**, 1–8 (2017).
5. Edwards, C. H., Rossi, M., Corpe, C. P., Butterworth, P. J. & Ellis, P. R. The role of sugars and sweeteners in food, diet and health: Alternatives for the future. *Trends Food Sci. Technol.* **56**, 158–166 (2016).
6. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). The market implications of reduced sugar consumption. *Agric. Policy Note 2* (2017).
7. Azaïs-Braesco, V., Sluik, D., Maillot, M., Kok, F. & Moreno, L. A. A review of total & added sugar intakes and dietary sources in Europe. *Nutr. J.* **16**, 1–15 (2017).
8. Future Market Insights. Plant Based Ice Creams Market: Cones Product Type Segment Anticipated to Record the Highest CAGR of 9.8% over the Forecast Period: Global Industry Analysis 2012–2016 and Opportunity Assessment 2017–2027. (2017). at <<https://www.futuremarketinsights.com/reports/plant-based-ice-creams-market>>
9. Mintel. Ice Cream whips up global sales of 13 billion litres in 2016 with India, Indonesia and Vietnam among the fastest growing markets. (2017). at <<http://www.mintel.com/press-centre/food-and-drink/ice-cream-whips-up-global-sales-of-13-billion-litres-in-2016>>
10. NP 3293 2008 - *Gelados alimentares e misturas embaladas para congelar Definição, classificação, características, embalagem, conservação e rotulagem*. 1–31 (2008). at <<http://www.anigom.pt/files/Norma.pdf>>
11. Clarke, C. *The science of ice cream*. (RSC Publishing, 2004).
12. Goff, H. D. & Hartel, R. W. *Ice Cream*. (Springer US, 2013).
13. Goff, H. D. in *Advanced Dairy Chemistry: Volume 1B: Proteins: Applied Aspects: Fourth Edition* 329–345 (2016).
14. Mohan, M. S., Hopkinson, J. & Harte, F. in *Food Processing: Principles and Applications* 383–404 (2014). d
15. Clark, S., Jung, S. & Lamsal, B. *Thermal Processing. Food Processing - Principles and Applications* (Wiley - BlackWell, 2014).

16. Muse, M. R. & Hartel, R. W. Ice Cream Structural Elements that Affect Melting Rate and Hardness. *J. Dairy Sci.* **87**, 1–10 (2004).
17. Engineers, N. B. C. in *The Complete Technology Book on Flavoured Ice Cream* 181–192 (NIIR Project Consultancy Services, 2006).
18. Sarkar, A. & Singh, H. in *Advanced Dairy Chemistry: Volume 1B: Proteins: Applied Aspects: Fourth Edition 1*, 133–153 (Springer, 2016).
19. Ludvigsen, H. K. Application of Emulsifiers in Dairy and Ice Cream Products. *Emuls. Food Technol. Second Ed.* 297–308 (2015).
20. Rolon, M. L., Bakke, A. J., Coupland, J. N., Hayes, J. E. & Roberts, R. F. Effect of fat content on the physical properties and consumer acceptability of vanilla ice cream. *J. Dairy Sci.* **100**, 5217–5227 (2017).
21. Amador, J., Hartel, R. & Rankin, S. The Effects of Fat Structures and Ice Cream Mix Viscosity on Physical and Sensory Properties of Ice Cream. *J. Food Sci.* **82**, 1851–1860 (2017).
22. Hyvönen, L., Linna, M., Tuorila, H. & Dijksterhuis, G. Perception of Melting and Flavor Release of Ice Cream Containing Different Types and Contents of Fat. *J. Dairy Sci.* **86**, 1130–1138 (2003).
23. Aykan, V., Sezgin, E. & Guzel-Seydim, Z. B. Use of fat replacers in the production of reduced-calorie vanilla ice cream. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* **110**, 516–520 (2008).
24. Akalin, A. S., Karagözlü, C. & Ünal, G. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *Eur. Food Res. Technol.* **227**, 889–895 (2008).
25. Akbari, M., Eskandari, M. H., Niakosari, M. & Bedeltavana, A. The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream. *Int. Dairy J.* **57**, 52–55 (2016).
26. Fuangpaiboon, N. & Kijroongrojana, K. Sensorial and physical properties of coconut-milk ice cream modified with fat replacers. *Maejo Int. J. Sci. Technol.* **11**, 133–147 (2017).
27. Simpson, B. K. in *Food Biochemistry and Food Processing* (eds. Simpson, B. K. et al.) 447–452 (John Wiley & Sons, Inc, 2012).
28. Goldfein, K. R. & Slavin, J. L. Why Sugar Is Added to Food: Food Science 101. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **14**, 644–656 (2015).
29. Clemens, R. A. et al. Functionality of Sugars in Foods and Health. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **15**, 433–470 (2016).
30. Osborn, S. & Morley, W. *Developing Food Products for Consumers with Specific Dietary Needs. Developing Food Products for Consumers with Specific Dietary Needs* (2016).
31. Nelson, D. L., Cox, M. M. & Nelson, David L.; Cox, M. M. *Principles of Biochemistry*. (2008).
32. Whelan, A. P., Vega, C., Kerry, J. P. & Goff, H. D. Physicochemical and sensory optimisation of a low glycemic index ice cream formulation. *Int. J. Food Sci. Technol.* **43**, 1520–1527 (2008).
33. Grembecka, M. Sugar alcohols—their role in the modern world of sweeteners: a review. *Eur.*

- Food Res. Technol.* **241**, 1–14 (2015).
34. Sharma, A., Amarnath, S., Thulasimani, M. & Ramaswamy, S. Artificial sweeteners as a sugar substitute: Are they really safe? *Indian J. Pharmacol.* **48**, 237 (2016).
 35. Mattes, R. D. & Popkin, B. M. Nonnutritive sweetener consumption in humans: Effects on appetite and food intake and their putative mechanisms. *Am. J. Clin. Nutr.* **89**, 1–14 (2009).
 36. Gardner, C. *et al.* Nonnutritive sweeteners: Current use and health perspectives: A scientific statement from the American heart association and the American diabetes association. *Circulation* **126**, 509–519 (2012).
 37. Wölwer-Rieck, U. The leaves of *Stevia rebaudiana* (Bertoni), their constituents and the analyses thereof: A review. *J. Agric. Food Chem.* **60**, 886–895 (2012).
 38. JECFA, F. 82nd JECFA - Chemical and Technical Assessment Steviol Glycosides. 1–10 (2016).
 39. Hardman. *Medicinal and Aromatic Plants - Industrial Profiles. Medicinal and Aromatic Plants - Industrial Profiles* (Taylor & Francis, 2002).
 40. Gerwig, G. J., Poele, E. M. te, Dijkhuizen, L. & Kamerling, J. P. in *Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry* 1–72 (Elsevier, 2016).
 41. Anton, S. D. *et al.* Effects of stevia, aspartame, and sucrose on food intake, satiety, and postprandial glucose and insulin levels. *Appetite* **55**, 37–43 (2010).
 42. *Regulamento (UE) 2016/1814 da Comissão de 13 de outubro de 2016 que altera o anexo do Regulamento (UE) n.º 231/2012 que estabelece especificações para os aditivos alimentares enumerados nos anexos II e III do Regulamento (CE) n.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho, no que diz respeito às especificações para os glicosídeos de esteviol (E 960).* (2015).
 43. EFSA. Scientific Opinion on the safety of steviol glycosides for the proposed uses as a food additive. *EFSA J.* **8**, 1–84 (2010).
 44. Ruiz-Ruiz, J. C., Moguel-Ordoñez, Y. B. & Segura-Campos, M. R. Biological activity of *Stevia rebaudiana* Bertoni and their relationship to health. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **57**, 2680–2690 (2017).
 45. Oehme, A., Wüst, M. & Wölwer-Rieck, U. Steviol glycosides are not altered during commercial extraction and purification processes. *Int. J. Food Sci. Technol.* **52**, 2156–2162 (2017).
 46. Hellfrisch, C., Brockhoff, A., Stähler, F., Meyerhof, W. & Hofmann, T. Human psychometric and taste receptor responses to steviol glycosides. *J. Agric. Food Chem.* **60**, 6782–6793 (2012).
 47. Wang, Y. *et al.* Efficient enzymatic production of rebaudioside A from stevioside. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **80**, 67–73 (2016).
 48. Espinoza, M. I. *et al.* Identification, Quantification, and Sensory Characterization of Steviol Glycosides from Differently Processed *Stevia rebaudiana* Commercial Extracts. *J. Agric. Food Chem.* **62**, 11797–804 (2014).
 49. Jookan, E. *et al.* Stability of steviol glycosides in several food matrices. *J. Agric. Food Chem.*

- 60**, 10606–10612 (2012).
50. Auerbach, M., Craig, S. & Mitchell, H. in *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology* 367–397 (Blackwell Publishing, 2006).
 51. Thorning, T. K. *et al.* Milk and dairy products: good or bad for human health? An assessment of the totality of scientific evidence. *Food Nutr. Res.* **60**, 32527 (2016).
 52. Boonterm, A., Muangman, S., Thanakaew, A., Phianmongkhol, A. & Wirjantoro, T. I. Effect of rice types on various properties of germinated rice ice cream. *Chiang Mai Univ. J. Nat. Sci.* **11**, 205–214 (2012).
 53. Belewu, M. A. & Belewu, A. K. Y. Comparative Physico-Chemical Evaluation of Tiger-nut, Soybean and Coconut Milk Sources. *Int. J. Agric. Biol.* **8530**, 9–5 (2007).
 54. Messina, M. Soy and Health Update: Evaluation of the Clinical and Epidemiologic Literature. *Nutrients* **8**, (2016).
 55. Barrett, J. The science of soy: What do we really know. *Environ. Health Perspect.* **114**, (2006).
 56. Messina, M. & Wu, A. H. Perspectives on the soy – breast cancer relation. *Am. J. Clin. Nutr.* **89**, 1673S–1679S (2009).
 57. Sutar, N., Sutar, P. P. & Singh, G. Evaluation of different soybean varieties for manufacture of soy ice cream. *Int. J. Dairy Technol.* **63**, 136–142 (2010).
 58. Ahanian, B., Pourahmad, R. & Mirahmadi, F. Effect of substituting soy milk instead of skim milk on physicochemical and sensory properties of sesame ice cream. *Adv. Environ. Biol.* **8**, 9–16 (2014).
 59. Wangcharoen, W. Development of ginger-flavoured soya milk ice cream: Comparison of data analysis methods. *Maejo Int. J. Sci. Technol.* **6**, 505–513 (2012).
 60. Akesowan, A. Influence of soy protein isolate on physical and sensory properties of ice cream. *Thai J Agric Sci* **42**, 1–6 (2009).
 61. Aboufazli, F., Baba, A. S. & Misran, M. Effect of Vegetable Milks on the Physical and Rheological Properties of Ice Cream. *Food Sci. Technol. Res.* **20**, 987–996 (2014).
 62. Pereira, G. das G., de Resende, J. V., de Abreu, L. R., de Oliveira Giarola, T. M. & Perrone, I. T. Influence of the partial substitution of skim milk powder for soy extract on ice cream structure and quality. *Eur. Food Res. Technol.* **232**, 1093–1102 (2011).
 63. Widjajaseputra, A. I. & Widyastuti, T. E. W. Potential of coconut milk and mung bean extract combination as foam stabilizer in non-dairy ice cream. *Int. Food Res. J.* **24**, 1199–1203 (2017).
 64. Kurultay, Ş., Öksüz, Ö. & Gökçe, B. The influence of different total solid, stabilizer and overrun levels in industrial ice cream production using coconut oil. *J. Food Process. Preserv.* **34**, 346–354 (2010).
 65. Fuangpaiboon, N., Kijroongrojana, K. & Fuangpaiboon, Nattavong Kijroongrojana, K. Effects of Low Glycemic Index Sweeteners on Coconut Milk Ice Cream Qualities. *2013 2nd Int. Conf. Nutr. Food Sci.* **53**, 29–33 (2013).
 66. Fuangpaiboon, N. & Kijroongrojana, K. Qualities and sensory characteristics of coconut milk

- ice cream containing different low glycemic index (GI) sweetener blends. *Int. Food Res. J.* **22**, 1138–1147 (2015).
67. Cody, T. L., Olabi, A., Pettingell, A. ., Tong, P. S. & Walker, J. H. Evaluation of Rice Flour for Use in Vanilla Ice Cream. *J. Dairy Sci.* **90**, 4575–4585 (2007).
 68. Dervisoglu, M. Influence of hazelnut flour and skin addition on the physical, chemical and sensory properties of vanilla ice cream. *Int. J. Food Sci. Technol.* **41**, 657–661 (2006).
 69. *Regulamento (CE) N.º 1924/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho de 20 de Dezembro de 2006 relativo às alegações nutricionais e de saúde sobre os alimentos* (2006).
 70. Chopade, P. D. *et al.* On the connection between nonmonotonic taste behavior and molecular conformation in solution: The case of rebaudioside-A. *J. Chem. Phys.* **143**, (2015).
 71. Alizadeh, M., Azizi-Lalabadi, M. & Kheirouri, S. Impact of Using Stevia on Physicochemical, Sensory, Rheology and Glycemic Index of Soft Ice Cream. *Food Nutr. Sci.* **05**, 390–396 (2014).
 72. Deshmukh, Y. R. ., Sirsat, A. ., Hande, P. ., Zele, S. . & More, K. . Preparation of ice-cream using natural sweetener stevia. *Food Sci. Res. J.* **5**, 30–33 (2014).
 73. Ozdemir, C., Arslaner, A., Ozdemir, S. & Allahyari, M. The production of ice cream using stevia as a sweetener. *J. Food Sci. Technol.* **52**, 7545–7548 (2015).
 74. Pon, S. Y., Lee, W. J. & Chong, G. H. Textural and rheological properties of stevia ice cream. *Int. Food Res. J.* **22**, 1544–1549 (2015).
 75. *Regulamento (CE) N.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2008 relativo aos aditivos alimentares.* (2008).
 76. *Regulamento (UE) N.º 1169/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de Outubro de 2011 relativo à prestação de informação aos consumidores sobre os géneros alimentícios, que altera os Regulamentos (CE) n.º 1924/2006 e (CE) n.º 1925/2006 do Parlamento.* (2011).
 77. Bordi, P., Cranage, D., Stokols, J., Palchak, T. & Powell, L. Effect of polyols versus sugar on the acceptability of ice cream among a student and adult population. *Foodserv. Res. Int.* **15**, 41–50 (2004).
 78. Lee, H., Stokols, J., Palchak, T. & Bordi, P. Effect of polyols versus sugar on the shelf life of vanilla ice cream. *Foodserv. Res. Int.* **16**, 44–52 (2005).
 79. Soukoulis, C., Fisk, I. D. & Bohn, T. Ice cream as a vehicle for incorporating health-promoting ingredients: Conceptualization and overview of quality and storage stability. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **13**, 627–655 (2014).
 80. El-Nagar, G., Clowes, G., Tudoric, C. M., Kuri, V. & Brennan, C. S. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. *Int. J. Dairy Technol.* **55**, 89–93 (2002).
 81. Schaller-Povolny, L. A. & Smith, D. E. Sensory attributes and storage life of reduced fat ice cream as related to inulin content. *J. Food Sci.* **64**, 555–559 (1999).
 82. Akalin, A. S. & Erişir, D. Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low-fat probiotic ice cream. *J. Food Sci.* **73**, (2008).
 83. Pintor, A., Escalona-Buendía, H. B. & Totosaús, A. Effect of inulin on melting and textural

- properties of low-fat and sugarreduced ice cream: Optimization via a response surface methodology. *Int. Food Res. J.* **24**, 1728–1734 (2017).
84. IG, C. & WG, F. Evaluation of safety of insulin and oligofructose as dietary fibre. *Reg. Toxicol. Pharmacol.* **30**, 268–282 (1999).
 85. Jenkins, D. J. A., Kendall, C. W. C. & Vuksan, V. Nutritional and Health Benefits of Inulin and Oligofructose Inulin , Oligofructose and Intestinal Function 1. 1431–1433 (1999).
 86. Wood, J. M. Sensory Evaluation of Ice Cream Made With Prebiotic Ingredients Substituted for Sugar. *World Sci. J.* **3**, 172–183 (2008).
 87. Kellow, N. J., Coughlan, M. T. & Reid, C. M. Metabolic benefits of dietary prebiotics in human subjects: A systematic review of randomised controlled trials. *Br. J. Nutr.* **111**, 1147–1161 (2014).
 88. Arai, B. S. & Nogughi, M. Studies on Flavor Components in Soybean. Part VI. Some Evidence for Occurrence of Protein-flavor binding. *Agric. Biol. Chem.* **34**, 1569–1573 (1970).
 89. Min, S., Yu, Y., Yoo, S. & Martin, S. S. Effect of soybean varieties and growing locations on the flavor of soymilk. *J. Food Sci.* **70**, C1–C7 (2005).
 90. Mullan, W. M. A. Goldilock's ice cream. Using science to control hardness or 'scoopability'. (2013). at <<https://www.dairyscience.info/index.php/ice-cream/228-ice-cream-hardness.html>> .>
 91. Ismail, E. A., Al-Saleh, A. A. & Metwall. Effect of Inulin Supplementation on Rheological Properties of Low-Fat Ice Cream. *Life Sci. J.* **10**, (2013).
 92. Maestrello, C. *et al.* Replacing Emulsifier in a Prebiotic Ice Cream: Physical and Chemical Evaluation and Acceptance. *J. Culin. Sci. Technol.* **00**, 1–12 (2017).
 93. Soukoulis, C., Lebesi, D. & Tzia, C. Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallisation and glass transition phenomena. *Food Chem.* **115**, 665–671 (2009).
 94. Smith, A. Häagen-Daz launches five new alcohol-themed ice cream flavours. *Independent* (2017). at <<http://www.independent.co.uk/life-style/food-and-drink/haagen-daz-alcohol-ice-cream-flavours-launch-new-rum-ginger-vodka-key-lime-pie-whiskey-irish-cream-a7869341.html>>
 95. Nickerson, T. a. Lactose Crystallization in Ice Cream. IV. Factors Responsible for Reduced Incidence of Sandiness. *J. Dairy Sci.* **45**, 354–359 (1962).
 96. Livney, Y. D., Donhowe, D. P. & Hartel, R. W. Influence of temperature on crystallization of lactose in ice cream. *Int. J. Food Sci. Technol.* **30**, 311–320 (1995).
 97. Considine, J. A. & Frankish, E. *A Complete Guide to Quality in Small-Scale Wine Making. A Complete Guide to Quality in Small-Scale Wine Making* (2013).
 98. Chambers, E. & Wolf, M. B. *Sensory Testing Methods*. (ASTM International, 2005).
 99. Prosky, L. & Hoebregs, H. Methods to Determine Food Inulin and Oligofructose. *Am. Soc. Nutr. Sci.* **129**, 1418–1423 (1999).
 100. AOAC International. AOAC Official Method 997.08 Fructans in food products - ion exchange

- chromatographic method. *Off. Methods Anal. AOAC Int.* (2003).
101. AOAC International. AOAC Official Method 999.03 Measurement of Total Fructan in Foods - Enzymatic/Spectrophotometric Method. *Off. Methods Anal. AOAC Int.* (2003).
 102. Board on Health Sciences Policy; Board on Life Sciences; Institute of Medicine; National Research Council; Hook-Barnard I, M. Posey Norris S, Alper J, editors. in *Technologies to Enable Autonomous Detection for BioWatch: Ensuring Timely and Accurate Information for Public Health Officials: Workshop Summary*. (National Academies Press (US), 2013). at <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK201356/>>
 103. Shao, Y.-Y. & Kao, Y.-J. Foaming Properties of Soy Protein Isolates and Concentrates. *2014 Int. Conf. Food Secur. Nutr.* **67**, (2014).
 104. Friedeck, K. Soy protein fortification of a low fat dairy-based ice cream. **68**, 1–97 (2003).
 105. Simpson, B. K. *Food Biochemistry and Food Processing*. (John Wiley & Sons, 2012).
 106. Guinard, J. X. *et al.* Sugar and fat effects on sensory properties of ice cream. *J. Food Sci.* **62**, 1087–1094 (1997).
 107. Fuangpaiboon, N. & Kijroongrojana, K. Sensorial and physical properties of coconut-milk ice cream modified with fat replacers. *Maejo Int. J. Sci. Technol.* **11**, 133–147 (2017).
 108. Granger, C., Leger, A., Barey, P., Langendorff, V. & Cansell, M. Influence of formulation on the structural networks in ice cream. *Int. Dairy J.* **15**, 255–262 (2005).

Anexo A

Tabela A1 – Defeitos mais comuns em gelados, excetuando os relacionados com o sabor, e possíveis causas e correções (adaptado)^{12,17}.

Defeito	Causa	Correção
Quebradiço	Baixo TS Baixo teor em estabilizante ou estabilizante inadequado <i>Overrun</i> excessivo	Aumentar teor em estabilizante; modificar a formulação
Encharcado/molhado/mole	Baixo <i>overrun</i> Elevado teor em açúcar Demasiado estabilizante	Modificar formulação; diminuir teor em estabilizante
Gelado duro	Baixa concentração de sólidos (especialmente açúcares)	Rever o cálculo do PAC
Fraco (gelado pouco encorpado que derrete rapidamente na boca)	Baixo TS Baixo teor em estabilizante ou estabilizante inadequado	Aumentar TS ou teor em estabilizante
Amanteigado/gorduroso	Teor excessivo de gordura Desestabilização excessiva da gordura Excesso de emulsionante	Diminuir tempo de congelamento; reduzir teor de emulsionante
Gelado com pedaços de gelo	Baixo TS Baixo teor em estabilizante ou estabilizante inadequado Problema no congelamento e endurecimento (demasiado lentos) ou na maturação Flutuações de temperatura no armazenamento	Modificar a formulação e/ou processo; Controlo rigoroso da temperatura
Demasiado leve (fofo)	Excesso de <i>overrun</i> Baixo TS Estabilizante desadequado	Diminuir o <i>overrun</i> ; modificar a formulação
Pesado, "peganhento"	Baixo <i>overrun</i> Excesso de TS Baixo teor em estabilizante ou estabilizante inadequado	Reduzir estabilizante; modificar a formulação
Arenoso	Elevado teor SNGL/lactose Flutuações de temperatura Baixo teor em estabilizante ou estabilizante inadequado Flutuações de temperatura no armazenamento	Modificar a formulação; manter controlo rigoroso da temperatura
Encolhimento	Flutuações de temperatura Excesso de <i>overrun</i> Transporte em que ocorram variações de pressão	Controlo rigoroso da temperatura e da incorporação de ar

Tabela A2– Defeitos mais comuns em gelados associados ao padrão de derretimento, possíveis causas e correções (adaptado)^{12,17}.

Defeito	Causa	Correção
Não derrete (demasiado lento)	Excesso de estabilizante	Diminuir tempo de congelamento da mistura; diminuir teor em emulsionante ou estabilizante
	Demasiada desestabilização da gordura	
Fluido de derretimento com bolhas de ar	Excesso de <i>overrun</i>	Modificar a formulação
	Desequilíbrio na formulação entre proteína e emulsionante	
Aglomerados/partículas evidentes no fluido de derretimento	Coalescência de gordura em excesso	Diminuir extensão de desestabilização da gordura; melhorar estabilidade das proteínas (p.ex : verificar pH)
	Separação das proteínas	
Fluido de derretimento com separação de fases (fase tipo s�rum)	Incompatibilidade entre proteínas e polissacarídeos	Adicionar k-carragenina

Anexo B

Fichas de análise sensorial

Ficha de Prova: Gelados sem Açúcares adicionados

Data: Local:

Para a realização da análise sensorial aos produtos, considere a seguinte escala:

Não gosto nada

Satisfatório

Gosto muito

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Avaliação Visual

Classifique a cor do gelado (1 a 5):

Produto A: _____ Porquê? _____

Produto B: Porquê?

Avaliação da Textura

Classifique a dureza/consistência aparente (1 a 5) – ao retirar uma porção do gelado:

Produto A: _____ Porquê? _____

Produto B: Porquê?

Classifique a textura/consistência na boca (1 a 5) – ao provar:

Produto A:	Porquê?	Arenoso? (S/N)
------------	---------	----------------

Produto B: _____ Porquê? _____ Arenoso? (S/N) _____

Avaliação Do Paladar

Classifique o sabor (intensidade do sabor a café/intensidade do sabor a base) (1 a 5):

Produto A: _____ Porquê? _____

Produto B: _____ Porquê? _____

Classifique a docura (1 a 5):

Produto A: Porquê?

Produto B: Porquê?

Classifique a sensação de sabor prolongado na boca (1 a 5):

Produto A: _____ Porquê? _____

Produto B: _____ Porquê? _____

Classificação Global do produto (1 a 5):

Produto A: _____ Porquê? _____

Produto B: Porquê?

Comentários/Sugestões:

Ficha de Prova: Gelados sem ingredientes de origem animal

Data: _____ Local: _____

Para a realização da análise sensorial aos produtos, considere-se a seguinte escala:

Não gosto nada Satisfatório Gosto muito

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Avaliação Visual

Classifique a cor do gelado (1 a 5):

Produto A: _____ Porquê? _____
Produto B: _____ Porquê? _____
Produto C: _____ Porquê? _____
Produto D: _____ Porquê? _____

Avaliação da Textura

Classifique a dureza/consistência aparente (1 a 5):

Produto A: _____ Porquê? _____
Produto B: _____ Porquê? _____
Produto C: _____ Porquê? _____
Produto D: _____ Porquê? _____

Avaliação Do Paladar

Classifique o sabor (1 a 5):

Produto A: _____ Porquê? _____
Produto B: _____ Porquê? _____
Produto C: _____ Porquê? _____
Produto D: _____ Porquê? _____

Classifique a doçura (1 a 5):

Produto A: _____ Porquê? _____
Produto B: _____ Porquê? _____
Produto C: _____ Porquê? _____
Produto D: _____ Porquê? _____

Classificação Global do produto (1 a 5):

Produto A: _____ Porquê? _____
Produto B: _____ Porquê? _____
Produto C: _____ Porquê? _____
Produto D: _____ Porquê? _____

Comentários/Sugestões:
